T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOĞAL AFETLERİN RİSK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

ÇANAKKALE İLİNDEKİ 1984-2020 YILLARI ARASINDAKİ KENT ISI ADASI DEĞİŞİMİNİN LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANARAK ÇOK ZAMANLI İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MURAT TÜRKYILMAZ

Tez Danışmanı
DOÇ. DR. EMRE ÖZELKAN

ÇANAKKALE – 2021

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Murat TÜRKYILMAZ
31/08/2021

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Emre ÖZELKAN, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen değerli arkadaşlarım İsmail KAYA'ya ve Ayça ERTAN'a, hayatımın her evresinde bana destek olan değerli annem Sevinç TÜRKYILMAZ, rahmetli babam Ramazan TÜRKYILMAZ ve kardeşim Caner TÜRKYILMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım."

Murat TÜRKYILMAZ

Çanakkale, Temmuz 2021

ÖZET

ÇANAKKALE İLİNDEKİ 1984-2020 YILLARI ARASINDAKİ KENT ISI ADASI DEĞİŞİMİNİN LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANARAK ÇOK ZAMANLI İNCELENMESİ

Murat TÜRKYILMAZ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Doğal Afetlerin Risk Yönetimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Emre ÖZELKAN

26/08/2021, 141

Kentsel büyüme ile yeşil alanlar büyük ölçüde azalmakta iken geçirimsiz yüzey alanlarında ise artışlar görülmektedir. Yeşil alanların ısı depolama kapasitesi geçirimsiz yüzeylere oranlara daha düşük seviyelerde olduğu için kent ısı adalarını (KIA) oluşturmaktadır. Bu çalışmada tüm ilçeleri ile Çanakkale kent merkezlerindeki 1984 - 2020 yılları arasında KIA'lardaki değişim uzaktan algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemleriyle belirlenmiştir. Arazi örtüsü/kullanımı (AÖK) ve yer yüzey sıcaklığı (YYS) verileri oluşturmak için UA verisi olarak Landsat uydularının multispekral ve termal kızılötesi bantları kullanılmıştır. KIA belirlenmesinde yardımcı olarak kullanılan YYS verileri Artis ve Carnahan (AC), Tek Pencere (TP), Tek Kanal (TK) ve Radyatif Transfer (RT) olmak üzere dört farklı YYS denklemi ile hesaplanmıştır. AÖK haritaları destek vektör makinaları (DVM) eğitimli sınıflandırma yöntemi ile oluşturulmuştur. Bulgular, Çanakkale bölgesindeki her ilçede yıllık süreç içerisinde kentsel yerleşim alanlarının arttığını, orman alanlarının azaldığının açıkça göstermiştir. Kent alanlarında ve çıplak arazilerde yüksek YYS değerleri oluşurken bitki örtüsünün olduğu alanlarda daha düşük sıcaklık değerleri oluşmaktadır. Yerleşimin kıyıda olması (denizsellik etkisi), çevresinin ormanla kaplı olması ve rüzgâr gibi etkenler sıcaklık değerlerinin beklenildiğinden daha düşük değerlerde görülmesine neden olmaktadır. Tek termal bandı kullanan dört YYS denklemlerinin, benzer sonuçlar göstererek KIA ve YYS çalışmaları için uygun olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Yer Yüzey Sıcaklığı, Kent Isı Adası

ABSTRACT

MULTI-TEMPORAL INVESTIGATION OF THE URBAN HEAT ISLAND CHANGE IN ÇANAKKALE BETWEEN 1984-2020 USING LANDSAT SATELLITE IMAGES

Murat TÜRKYILMAZ

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Emre ÖZELKAN

26/08/2021, 141

Urban growth, green areas are greatly reduced, while there is an increase in impermeable surface areas. Since the heat storage capacity of green areas is lower than that of impermeable surfaces, they from urban heat islands (UHI). In this study, the multi temporal change in UHIs between 1984-2020 in Çanakkale city with all its districts was determined by remote sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) methods. Multispectral and thermal infrared bands of Landsat satellites were used as RS data to generate land cover/use (LCU) and land surface temperature (LST) data. LST data used as an aid in determining the UHI were calculated with four different YYS equations: Artis and Carnahan (AC), Single Window (TP), Single Channel (TK) and Radiative Transfer (RT). LCU maps were created with support vector machines (SVM) trained classification method. The findings clearly showed that urban settlement areas increased, and forest areas decreased in each district in the Çanakkale region annually. While high LST values occur in urban areas and bare lands, lower temperature values occur in areas with vegetation. The fact that the settlement is on the coast, its surroundings are covered with forests and factors such as wind caused the temperature values to be lower than expected. According to other equations. It's seen that the four LST equations using single thermal bands re suitable for studies by showing similar results in UHI and LST studies.

Keywords: Remote Sensing, Geographic Information Systems, Land Surface Temperature, Urban Heat Island

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI……... i
ETİK BEYAN…… ii
TEŞEKKÜR…….. iii
ÖZET ……..…….. iv
ABSTRACT …….. v
İÇİNDEKİLER ……..…… vi
SİMGELER ve KISALTMALAR……..…… ix
TABLOLAR DİZİNİ…….…. xi
ŞEKİLLER DİZİNİ……..……..…….….. xiii

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

1.1. Kent Isı Adası……..... 8
1.2. Kent Isı Adası Nedenleri……... 9
1.3. Kent Isı Adasını Etkileyen Faktörler……. 9
1.3.1. Kent Isı Adası ve Nüfus ……..…….…..…... 9
1.3.2. Kent Isı Adası ve Hava Durumu……. 10
1.3.3. Kent Isı Adası ve Geometrisi…….. 10
1.3.4. Kent Isı Adası ve Yüzey Bileşenleri…….. 10
1.4. Kent Isı Adası Çeşitleri ...…….. 11
1.5. Kent Isı Adası Etkileri…… 12
1.6. Termal Uzaktan Algılama…….. 13
1.6.1. Elektromanyetik Spektrum....……. 14
1.6.2. Uzaktan Algılama ve Kullanımı……. 16
1.6.3. Kara Cisim Teoremi……... 16

1.6.4. Yer Yüzey Sıcaklığı Değerlerinin Elde Edilmesi…… 17
1.6.5. Termal Kanala Sahip Uydular…… 20
1.6.6. Yüzey Sıcaklığı Belirleme Yöntemleri……... 23
Tek Kanallı Denklemler……. 24
Radyatif Transfer Denklemi (The Radiative Transfer Equation)…… 24
Tek Pencere (Mono Window) Denklemi…… 25
Tek Kanal (Single Channel) Denklemi……... 25
Bölünmüş Pencere (Split Window) Denklemi…… 25
Çok Açılı (Multi Angle) Yöntemler…… 26
Çok Kanallı (Multichannel) Denklemler…… 27
Sıcaklık Yayınırlık Ayrım Algoritması ((TES) Temperature-Emissivity Seperation Algorithm)…… 27
Gece ve Gündüz Sıcaklığından Bağımsız Spektral Endekslere (TISI) Dayalı Yöntem……..... 28
NDVI^{THM} Method (Normalize Edilmiş Bitki İndisi Eşikleme Yöntemi)… 28

İKİNCİ BÖLÜM
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 30

2.1. Önceki Çalışmalar...……..... 30

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
MATERYAL YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı...……..... 36
3.2. Çalışmanın Amacı…….. 41
3.3. Veriler…… 42
3.3.1. Uzaktan Algılama Verileri…….. 42
3.3.2. Meteorolojik Veriler……... 46
3.4. Yöntem……... 49
3.4.1. Kent Isı Adası Etkisi ve Yoğunluğunun Belirlenmesi……. 51
3.4.2. Arazi Örtüsü ve Kullanımı için Sınıflandırma İşlemi……. 52
3.4.3. Kırsal Alanların Belirlenmesi……. 55
3.4.4. Yer Yüzey Sıcaklığı Değerlerinin Elde Edilmesi…… 57
Sayısal Veri Değerinin (DN_s) Radyans Değerine ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$) Dönüştürülmesi…….. 59

Radyans Değerinin Parlaklık Sıcaklık (Brightness Temperature) Değerine Dönüştürülmesi……... 60
Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI)……... 61
Bitki Örtüsü Oranının Belirlenmesi (Proportional vegetation: P_v)……. 61
Yer Yüzeyi Yayınırlığı (LSE: Land surface emissivity(ε)) Hesabı…… 61
Ortalama Atmosferik Sıcaklık Hesabı (T_a)……. 62
Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) Hesabı…… 63
Radyatif Transfer Denklemi (Radiative Transfer Equation (RTE))…… 63
Tek Pencere Denklemi (Mono Window Algortihm (MW))…… 63
Tek Kanal Denklemi (Single Channel Algorithm (SC))……. 64
Artis & Carnahan Denklemi ile YYS Hesabı……. 65
Yer Yüzey Sıcaklığının Filtrelenmesi……. 65
Doğruluk Analizi…… 65
Yer Yüzey Sıcaklığının Hava Sıcaklığı ile Doğruluk Analizi…… 66
Arazi Değişimi ve Kent alanları Sınıflandırılması Doğruluk Analizi……. 66

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI 68

4.1. YYS ile Meteoroloji İstasyonları İlişkisi...……..... 68
4.2. Yer Yüzey Sıcaklığı Denklemlerinin Değerlendirilmesi...……..... 73
4.3. Arazi Örtüsü Değişimi ve Kullanımının Değerlendirilmesi……... 76
4.4. YYS ile Arazi Örtüsü İlişkisi……. 84
4.5. Kent Isı Adası Alanı ve Yoğunluğu…… 91

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇ ve ÖNERİLER 119

5.1. Sonuç ve Öneriler ...……..... 119
KAYNAKÇA ...……. 129
ÖZGEÇMİŞ ….……..... xiv

SİMGELER VE KISALTMALAR

KIA	Kent Isı Adası
UA	Uzaktan Algılama
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
AÖK	Arazi Örtüsü/Kullanımı
AC	Artis ve Carnahan Denklemi
TP	Tek Pencere Denklemi
TK	Tek Kanal Denklemi
RT	Radyatif Transfer Denklemi
DVM	Destek Vektör Makineleri
YYS	Yer Yüzey Sıcaklığı
P_v	Bitki Örtüsü Oranı
DN_s	Radyans Değeri
NDVI	Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi
LSE	Yer Yüzey Yayınırlığı
T_a	Ortalama Atmosferik Sıcaklık Hesabı
UCL	Kanopi Katmanı
UBL	Kent Sınır Katmanı
SUHI	Yüzey Isı Adası
TM	Thematic Mapper
AVHRR	Advanced Very High Resulation Radiometer
MODIS	Moderate Resulation İmage Spectoradiometer
TIRS	Thermal Infrared Sensor
AGEMA	Thermovision Infrared Camera
ATLAS	Thermal Land Applications Sensor
IRT	Infrared Thermography
FLIR	Forward Looking Infrared
TOA	Atmosfer Üstü
NBEM	NDVI Tabanlı Yayınırlık Yöntemi
CBEM	Sınıflandırmaya Dayalı Yayınırlık Yöntemi
TISI	Gece ve Gündüz Sıcaklığından Bağımsız Spektral Endekse Dayalı Yayınırlık Yöntemi

MIR	Orta Kızılötesi
RMSE	Kök Ortalama Karesel Hata
R	Regnesyon Korelasyon Analizi
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
BOREAS	BOReal Forest Ecosystem Study
MSS	Yüksek Çözünürlüklü Tarayıcı
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
CERES	Clouds and Earth's Radiant Energy System
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
K	Kelvin
C	Santigrat
POLDER	Directionality of the Earth's Reflectances
MISR	Multiangle İmaging Spectroradiometer
AATSR	Advanced Along-Track Scanning Radiometer
AATSR-2	Along-Track Scanning Radiometer
$NDVI^{THM}$	Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndisi Eşitleme Yöntemi
ε_v	Bitki Örtüsü Yer Yüzeyi Yayınırlığı
ε_s	Toprak Yer Yüzeyi Yayınırlığı
ε	Yer Yüzeyi Yayınırlığı
NDISI	Normalize Edilmiş Geçirimsiz Fark İndeksi
NDBI	Normalize Edilmiş Yerleşim Farkı İndeksi
BU	Yerleşim İndeksi
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
USGS	United States Geological Survey
NASA	Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
METI	Japonya Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı
GDEM	Global Digital Elevation Model
QUAC	Quick Atmosphere Correction

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1.1.	Yer Yüzey Sıcaklığı İçin Kullanılan Sensörler	19
Tablo 1.2.	Landsat 5 TM Uydu Görüntüsü Bantları ve Özellikleri	21
Tablo 1.3.	Landsat 8 OLI/TIRS Uydu Görüntüsü Bantları ve Özellikleri	21
Tablo 1.4.	Bölgelere Göre Ortalama Atmosferik Sıcaklık (T_a) İlişkisi	25
Tablo 1.5.	NDVI ile Yer Yüzey Yayınırlığı İlişkisi	29
Tablo 3.1.	Çalışmada Kullanılan Landsat Verileri	44
Tablo 3.2.	Kullanılan Meteoroloji İstasyonları	47
Tablo 3.3.	Landsat Uyduları Kalibrasyon Sabitleri	59
Tablo 3.4.	NDVI ile Yer Yüzey Yayınırlığı İlişkisi	61
Tablo 3.5.	Bölgelere Göre Ortalama Atmosferik Sıcaklık (T_a) İlişkisi	63
Tablo 3.6.	Yıllara Göre Sınıfların Doğruluk Analiz Sonuçları	66
Tablo 4.1.	Artis ve Carnahan Denklemi ile Ayvacık İlçesinin Kent Isı Adası Yoğunluğunun Gösterimi	91
Tablo 4.2.	Artis ve Carnahan Denklemi ile Bayramiç İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi	92
Tablo 4.3.	Artis ve Carnahan Denklemi ile Biga İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi	93
Tablo 4.4.	Artis ve Carnahan Denklemi ile Çan İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi	94
Tablo 4.5.	Artis ve Carnahan Denklemi ile Eceabat İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi	95
Tablo 4.6.	Artis ve Carnahan Denklemi ile Ezine İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi	96
Tablo 4.7.	Artis ve Carnahan Denklemi ile Gelibolu İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi	97
Tablo 4.8.	Artis ve Carnahan Denklemi ile Lapseki İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi	98

Tablo 4.9.	Artis ve Carnahan Denklemi ile Merkez İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi	99
Tablo 4.10.	Artis ve Carnahan Denklemi ile Yenice İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi	100

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1.1.	Elektromanyetik Spektrum	15
Şekil 1.2.	Landsat 5 ve 8 Uyduları	21
Şekil 1.3.	ASTER – MODIS Uydusu	23
Şekil 3.1.	Türkiye Siyasi Haritası ve Çalışma Alanının Gerçek Renkli Landsat 8 Görüntüsü	37
Şekil 3.2.	Çanakkale İlinin Aylık Hava Sıcaklığı Gösterimi (1929-2019)	38
Şekil 3.3.	Çanakkale İlinin Aylık Ortalama Yağış Gösterimi (1929–2019)	38
Şekil 3.4.	Çalışma Alanı Sayısal Yükseklik Modeli (a) ve Bakı Haritası (b)	39
Şekil 3.5.	Çanakkale Merkez İlçesinin Landsat Uydu Görüntüleri 1984 Tarihli (a) 2020 Tarihli (b) Kullanılarak Zamansal Değişimi	44
Şekil 3.6.	Sayısal Yükseklik Modeli	46
Şekil 3.7.	Çalışma Kapsamında Kullanılan Meteoroloji İstasyonları	47
Şekil 3.8.	Atmosferik Parametre Hesaplayıcısı Online Ara yüzü	49
Şekil 3.9.	Landsat 5 12.07.2004 Tarihli, Landsat 8 03.07.2018 Tarihli Çalışma Alanı Uydu Görüntüleri, (a) 3,2,1 Bant Kombinasyonu, (b) Termal Bant 6, (c) 4,3,2 Bant Kombinasyonu, (d) Termal Bant 10 Görüntüsü	51
Şekil 3.10.	03.07.2018 Tarihli Landsat 8 Uydu Görüntüsünde Arazi Kullanımı İçin Seçilen Örnekler Kent Alanı (A), Yeşil Alan (B), Çıplak Arazi (C), Orman (D).	53
Şekil 3.11.	Arazi Örtüsü Ve Kullanımı için Sınıflandırılmış Görüntü Örneği; Soldaki Gerçek Görüntü (a), Sağdaki Sınıflandırılmış Görüntü (b)	53
Şekil 3.12.	Arazi Örtüsü ve Kullanımı için Kullanılan Gerçek Renklerde Landsat Uydu Görüntüleri	54
Şekil 3.13.	Kırsal Alanların Belirlenmesi	55
Şekil 3.14.	İlçelerin Sayısal Yükseklik Modeli ile Gösterilmesi	56
Şekil 3.15.	Yer Yüzey Sıcaklığı Akış Şeması	59

Şekil 4.1.	Merkez ve Havaalanı İstasyonu	68
Şekil 4.2.	Çan Meteoroloji İstasyonu	69
Şekil 4.3.	Kabatepe ve Milli Park Meteoroloji İstasyonları	69
Şekil 4.4.	Bayramiç Meteoroloji İstasyonu	70
Şekil 4.5.	Artis Carnahan Denklemi ile Anlamlı İlişiği Olan Meteoroloji İstasyonları Çan (a), Gülpınar (b), Kabatepe (c).	70
Şekil 4.6.	Tek Kanal Denklemi ile Anlamlı İlişiği Olan Meteoroloji İstasyonları Bayramiç (a), Kabatepe (b), Çan (c).	71
Şekil 4.7.	Radyatif Transfer Denklemi ile Anlamlı İlişiği Olan Meteoroloji İstasyonları Kabatepe (a), Çan (b).	71
Şekil 4.8.	Tek Pencere ile Anlamlı İlişiği Olan Meteoroloji İstasyonları Çan (a), Bayramiç (b).	71
Şekil 4.9.	Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı ile Hava Sıcaklık Değerleri Arasındaki RMSE ve R^2 İlişkisi	72
Şekil 4.10.	Yıllık Süreç İçerisindeki Ortalama YYS Grafiği	73
Şekil 4.11.	Çalışma Alanının Yıllık Süreç İçerisinde Artis ve Carnahan Denklemi Kullanılarak Elde Edilen Yer Yüzey Sıcaklığı Haritalarının Gösterimi 1985 (a), 1993 (a), 1998 (c), 2004 (d), 2013 (d), 2018 (e).	74
Şekil 4.12.	Yer Yüzey Sıcaklığı Denklemlerinin 2001, 2011, 2018 Yıllarındaki Sıcaklık Haritası TP 2001 (a), TP 2011 (b), TP 2018 (c), RT 2001 (d), RT 2011 (e), RT 2018 (f), TK 2001 (g), TK 2011 (h), TK 2018 (i), AC 2001 (j), AC 2011(k), AC 2018 (l)	75
Şekil 4.13.	Ayvacık Çalışma Alanı Arazi Örtüsü Değişimi	78
Şekil 4.14.	Bayramiç Çalışma Alanı Arazi Örtüsü Değişimi	78
Şekil 4.15.	Biga Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi	79
Şekil 4.16.	Çan Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi	80
Şekil 4.17.	Çanakkale Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi	81
Şekil 4.18.	Eceabat Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi	81
Şekil 4.19.	Ezine Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi	82
Şekil 4.20.	Gelibolu Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi	83

Şekil 4.21.	Lâpseki Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi	83
Şekil 4.22.	Yenice Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi	84
Şekil 4.23.	İlçelerin Yıllık Süreç İçerisindeki Ortalama Yer Yüzeyi Sıcaklıkları	85
Şekil 4.24.	Merkez İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıkları	85
Şekil 4.25.	Ayvacık İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıkları	86
Şekil 4.26.	Bayramiç İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıkları	87
Şekil 4.27.	Biga İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıkları	87
Şekil 4.28.	Çan İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıkları	88
Şekil 4.29.	Eceabat İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıkları	89
Şekil 4.30.	Ezine İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıkları	89
Şekil 4.31.	Gelibolu İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıkları	90
Şekil 4.32.	Lâpseki İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıkları	90
Şekil 4.33.	Yenice İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıkları	91
Şekil 4.34.	Ayvacık İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri	92
Şekil 4.35.	Bayramiç İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri	93
Şekil 4.36.	Biga İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri	94
Şekil 4.37.	Çan İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri	95
Şekil 3.38.	Eceabat İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri	96
Şekil 4.39.	Ezine İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri	97
Şekil 4.40.	Gelibolu İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri	98
Şekil 4.41.	Lâpseki İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri	99
Şekil 4.42.	Merkez İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri	100

Şekil 4.43.	Yenice İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri	101
Şekil 4.44.	Ayvacık İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması	102
Şekil 4.45.	Ayvacık İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması	103
Şekil 4.46.	Biga İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması	104
Şekil 4.47.	Biga İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması	105
Şekil 4.48.	Çan İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması	106
Şekil 4.49.	Eceabat İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması	107
Şekil 4.50.	Ezine İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması	108
Şekil 4.51.	Ezine İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması	109
Şekil 4.52.	Gelibolu İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması	110
Şekil 4.53.	Gelibolu İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması	111
Şekil 4.54.	Lâpseki İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması	112
Şekil 4.55.	Lâpseki İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması	113
Şekil 4.56.	Merkez İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması	114
Şekil 4.57.	Merkez İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması	115
Şekil 4.58.	Yenice İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması	116
Şekil 4.59.	Yenice İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması	117

BİRİNCİ BÖLÜM
GİRİŞ

Dünyadaki insan nüfusu artış eğilimi içerisindedir. Bu nüfus artışı ile birlikte doğal kaynakların azalması, düzensiz kentleşme, orman alanların tahribi, hava kirliliğinin artması vb. etkenler yerleşim alanlarında sıcaklık değişimlerine neden olmaktadır (Mohan vd., 2011). Ülkemizdeki nüfus 1927 yılında 13.5 milyon, 2019 yılında ise 83 milyondur. 2040 yılına gelindiğinde bu nüfus değerlerinin yaklaşık 100 milyona ulaşılacağı öngörülmektedir (TUİK, 2019). Nüfus ile birlikte istihdam, sağlık ve eğitim koşullarının sağlanması yerleşim alanlarının tercih edilmesini sağlamıştır (Altuntaş, 2012). Yerleşim alanlarının tercih edildiği alanlarda ise nüfus miktarının zamanla arttığını görülmektedir. Ülkemiz genelinde kent ve kır nüfusları incelendiğinde 1927 yılından 2019 yılına kadar geçen sürede büyük bir değişim söz konusudur. Yerleşim alanlarında yaşayan insan sayısı 1927 yılında ülke genelinin %25'ini oluşturmakta iken 2019 yılında bu değer %93'e kadar çıkmıştır (TUİK, 2019). Kırsal alanlarda yaşayan nüfusun azalarak yerleşim alanlarını tercih etmesine kentleşme denmektedir (Yalçın ve Kara, 2016). Yerleşim alanlarında sağlanan iş imkânları ve barınma ihtiyacı gibi olanaklar sanayi alanlarının artmasına ve doğal peyzaj öğelerinin azalmasına neden olmaktadır (Korkut vd., 2017). Kentleşme ile birlikte yerleşim alanlarındaki AÖK yapısı değişmektedir. Çanakkale merkezinde bulunan tarım arazilerinin %26.94 'ünün 12 yıllık süreç içerisinde kent alanlarına dönüştüğü gözlemlenmiştir. (Özelkan vd., 2018).

Yerleşim alanları ve atmosfer sınır tabakası arasındaki yerel hava, iklim üzerinde değişimler meydana getirerek kentsel iklim özelliklerini oluşturmaktadır (Oke, 1995). Yerel hava değişimine etki eden dar sokaklar, konut sayısındaki ve sanayi alanlarındaki artış yerel ve bölgesel çapta etkiler göstermektedir (Dale vd., 2000). İklim değişikliği nedenlerini iki grupta incelemek istediğimizde küresel ısınma ve küresel soğuma olarak ayrıldığını görmekteyiz (Öztürk, 2002). Sera gazlarının atmosfere salınımında kaynaklı olarak küresel ısınma meydana gelmektedir (Koyuncu ve Akgün, 2018).Yerleşim alanlarındaki sanayi kuruluşları, taşıtlar, soğutma gazlarında açığa çıkan zehirli gazların salınımının artması küresel ısınmaya, dolaylı yoldan da iklim değişikline neden olmaktadır. Bu nedenle kentleşme iklim değişikliği nedenleri arasındadır (Bayraç, 2010). Kentleşme ile yeşil alanlarının yerini yansıtım değeri düşük yapılara bırakmaktadır. Bunun sonucunda da enerji talebinde artış meydana gelmektedir. Yeşil alanların azalması yüzey albedosu, emisyonu ve evatranspasyonu değiştirmektedir (Oke, 1987). Yeşil alanların azalması ve yerini yerleşim

alanlarına bırakması sıcaklık değişimlerini meydana getirmektedir. Yerleşim alanları ve çevresindeki kırsal alanların eş zamanlı sıcaklık değişimleri incelendiğinde 1°C ve 3°C arasında sıcaklık artışı olduğu görülmüştür. Gökyüzünün açık ve rüzgarın az olduğu durumlarda bu değerin 5°C ile 10°C artabildiği gözlemlenmiştir (Lac vd., 2013). Sıcaklık değişimlerindeki artışlar kent ısı etkisini tanımlamaktadır (Imhoff vd., 2010).

Kötü hava kalitesinden kaynaklı olarak insanlarda solunum rahatsızlığı ve astım gibi hastalıkların artmasına ya da şiddetlenmesine neden olabilmektedir (Aslan ve Mutlu, 2019). Hava kalitesinin kötü olması sıcaklık değişimlerine neden olmaktadır. Sıcaklık değişimlerinden meydana gelen sorunların başında insan sağlığındaki olumsuz etkiler öne çıkmaktadır. Sıcaklıklardan kaynaklı olarak insanlarda kızarıklıklar, bayılmalar ve güneş yanıkları görülmektedir (De Lorenzo ve Liano, 2017). 2003 yılının haziran ayı sonlarından eylül ayına kadar devam eden sıcak hava dalgaları 16 Avrupa ülkesinde 74483 kişinin hayatını kaybetmesine neden olmuştur (Robine vd., 2018). Ani gelişen hava olaylarının nedenlerinden birisi de yerleşim alanlarındaki sıcaklık değişimleridir. Yerleşim alanlarında sıcaklık değişimine neden olan betonarme yapılar, asfalt, kaldırım, sanayi faaliyetleridir (Kum ve Gönençgil, 2006).Yeşil alanların yerini ulaşım ve kentsel yaşamlarına dönüştürmek yeryüzündeki soğutma etkilerinin değişmesine neden olmaktadır. Yüksek binalar ve dar sokaklar yerleşim alanlarına gelen rüzgâr etkisinin yönünü ve sıcaklık değerlerini değiştirebilmektedir (Türkoğlu vd., 2012). Yerleşim alanlarındaki sıcaklık değişimlerinin önüne geçmek dünyamız ve insan sağlığı için büyük önem taşımaktadır. Yerleşim alanlarındaki sıcaklık değişimlerini azaltmak için kent ısı etkilerini azaltacak çevrecilik faaliyetlerine, yerleşim alanları üzerinde çalışma yapan peyzaj mimarisi çalışanlarının tavsiyelerine, yerleşim alanlarını yeşillendirme çalışmalarına, serin çatı ve yeşil çatı uygulamalarının yaygınlaştırılmasına önem vermek gerekmektedir. Yerleşim alanlarındaki nüfus miktarı artış devam edecektir fakat planlı kentleşme çalışmaları ile kentleşmeden kaynaklı sıcaklık değişimleri azaltılabilir.

KIA, kent alanlarındaki arazi örtüsü, yerel rüzgar, yüzey albedosu ve evatransprasyon vb. değişimlerden etkilenerek kırsal alanlara oranla daha sıcak olması durumudur (Taha, 1997). KIA kavramını ilk olarak Luke Howard 1833 yılında tanımlamıştır. Londra kentinde yapılan bu çalışma ile KIA kavramı birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir (Hammon ve Duenckel, 1902; Groveman ve Landsberg, 1979; Kim, 1992; ; Mirzaei, 2015; Oke, 1982; Renou, 1868; Sundborg, 1951; Streutker, 2002; Takebayashi ve

Moriyama, 2007). Kentsel ve kırsal alan göstergelerinin belirli bir sınırının olmaması, kentsel ve kırsal alan arasında kafa karıştırıcı bir algı yaratmaktadır (Stewart, 2011). KIA kavramının tarihsel sürecini Steward üçe ayırmıştır. Her tarihsel dönem birbirleri üzerinde etkiler oluşturarak gelişimini tamamlamıştır. İlk dönem olarak adlandırılan 1800 ile 1900'lü yıllarda alana öncülük edilerek genelde Avrupa kentleri üzerinde çalışmalarda bulunulmuştur. Bunun sebebi Avrupa kentlerindeki ölçüm istasyon sayısının artış içinde olması ve gözlemlenmeye müsait olmasıdır. Ölçüm istasyonlarının yerleşim alanlarında bulunmasından kaynaklı olarak yakın kentlerdeki sıcaklık farklıları incelenerek iklim değişikliği üzerine ilk izlenimler ortaya konmuştur. İkinci dönem 1920 ile 1940 yılları arasında metotsal yeniliklerin ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Yerleşim alanlı ve çevresindeki kırsal alanların motorlu araçlar ile sıcaklık verileri kayıt altına alınmaya başlanması ile beraber yerel iklim bölgelerinde farklılıkların olduğu gözlemlenmeye başlanmıştır. Üçüncü dönemde 1950 ile 1980'li yıllarda deneyselliği yükseldiği vurgulanmış ve sıcaklık verilerinin birçok alanda edilebilir olması ile düşük enlem bölgelerinde incelenmesine olanaklar sağlanmıştır (Steward, 2019). Günümüzde ise tüm bu tarihsel gelişim gözardı edilmeyerek evatransprasyon, antropojenik ısı, yüzey albedosu, rüzgâr etkisi vb. birçok etkenin yerleşim alanlarında sıcaklık değişimleri meydana getirdiğine ve bunun sonucunda iklim değişikliğine neden olduğu ortaya konmuştur (Çiçek ve Doğan, 2005).

Oke 1979 yılında KIA kavramını Kanapi katmanı (UCL) ve sınır katmanı (UBL) olmak üzere iki farklı sınıfa ayırmıştır (Oke, 1979). Ardından Voogt ve Oke 2003 yılında arazi örtüleri ve kent ısı adalarını incelemelerinde termal UA sensörleri ile Yüzey Isı Adası (SUHI)'nin izlenilebileceğini belirtmişlerdir. SUHİ kavramının da oluşturulması ile birlikte KIA kavramı üç farklı sınıfta incelenmeye başlanmıştır. Yeryüzünden 1 ile 3 m yükseklik arasında Kanopi Isı Adası (Urban Kanapi Island) olarak adlandırılmıştır. Buradaki ölçümler yerel istasyonlar, yer tabanlı gözlemler ya da sıcaklık sensörüne sahip taşıyıcı taşıtlar yardımıyla ölçümlenmiştir. İkinci olarak Oke'nin ilk sınıflandırma ele aldığı gölgelik katmanı yani yeryüzü ile şehir içerisinde bulanan binaların ortala yüksekliği arasındaki sınır katmanı ısı adası (Urban Boundary Layer, UBL) incelenmiştir. Kent sınır tabakasındaki ölçümler meteoroloji balonları, yüksek binalar (kule) vb. ve uçaklar kullanılabilmektedir. Üçüncü olarak da uydu görüntülerinden yararlanılarak Yüzey Isı Adası (Surface Heat Island, SUHI) araştırmalarına yön verilmiştir. Uydu tabanlı sönsörler kullanılarak SUHI kavramını ilk olarak Rao 1972 yılında yayımlamıştır (Voogt ve Oke, 2003). SUHI çalışmaları kentsel meteoroloji ve mikro iklim bilimi tanımında ve incelemelerinde büyük önem kazanmıştır.

Bilgi ve teknolojiye hakim olan toplumlar doğal afetlere karşı daha az etkilenmektedir. Ancak bilgi ve teknolojiye yatırım yapmayan ve araştırmaya yönelik çalışmalarda bulunmayan toplumların en küçük afetlerde dahi maddi ve manevi büyük kayıplar verdiğini görmekteyiz (Kadıoğlu, 2008). Bu yüzden yerel ve bölgesel ölçekli çalışmalara yön veren, hızlı, pratik ve disiplinler arası çalışmalara uyum sağlayan (CBS) teknolojileri kullanımı önemli bir karar destek mekanizması haline gelmiştir. (Şahap, 2015). CBS ve UA, KIA çalışmalarında planlama, veri analizinde kullanılabilmektedir. CBS'nin konumsal veri, analiz ve grafiklendirmeye imkân sağlaması ile UA'nın geniş alanlarda sağladı bilgiler ile entegrasyonu sonucunda kent ısı adalarının belirlenmesi ve izlenmesi için gerekledir (Kapluhan, 2014). UA çalışmaları genellikle yerel ve küresel çalışmaları yönlendirici olarak kullanılmaktadır. AÖK'e yönelik durumların belirlenmesinde son derece önemlidir. (Kavzaoğlu ve Çölkesen, 2011). Uyduların özellikleri değişmek ile birlikte elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerde tarama yapması ile veriler elde edilebilmektedir. Uydudan UA ile elde edilen YYS değerlerinin değişiminin belirlenmesinde ve etkilerinin araştırılmasında başarıyla kullanılmıştır (Lo ve Quattrochi, 2003). YYS, AÖK göre farklılıklar gösterilmektedir bu yüzden arazi örtüsündeki değişimlerin belirlenmesi çalışmalara yön vererek kullanılmaktadır. (Bayar ve Karabacak, 2017). YYS değerleri, küresel ısınma (Zou vd., 2020), kuraklık (Karnieli vd., 2010), ziraat (Özelkan vd., 2014), orman yangını ve risk analizleri (Guangmeng ve Mei, 2004) vb. birçok çalışma alanında önemli bir veri kaynağıdır.

UA basit tabir ile bir cisim hakkında fiziksel bir temas kurmadan tanımaktır. Bilimsel olarak ise belirli bir mesafeden, nesne ya da nesneler hakkındaki bilgilerin elde edildiği ve analiz edildiği bilim dalıdır (Aliyazıcıoğlu, 2019). Yeryüzünde bulunan cisimler farklı yansımalara sahiptirler. Bu cisimlerin yansımaları, geçirgenlikleri ve soğurulmaları da farklı dalga boyları ile eşleşmektedir. Bu yüzden UA sistemleri bu farklılardan yola çıkarak cisimler hakkında bilgileri analiz eder ve cisimleri birbirinden ayırabilmektedir. Algılanan cismin doğru olarak belirlenmesi YYS çalışmalarında önemli bir veri haline gelmektedir. Uydulardaki her bir bant farklı AÖK açıklayacak çalışmalarda bulunabilmektedir. Fakat termal bantlar ile termal UA sistemleri kullanılarak hesaplanan YYS, yüzey enerji dengesine göre değişim göstermektedir. YYS'yi etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar yüzey nemi, yüzey emilimi, güneşten ve atmosferden gelen ışıma miktarı, yüzeyde bulunan atmosferik değişkenler ve hava akımlarıdır. Termal UA'nın kara yüzeyi sıcaklığı ve deniz yüzeyi sıcaklığı hesaplaması üzerine birçok araştırmacı çalışmalarda bulunmuştur. Yapılan

çalışmalarda heterojen ve izoterm bölgelerde sorunların olduğu gözlenmiştir. Bu sorunların çözülmesi için heterojen ve izoterm bölgelerin piksel değerlerinin yüzey ısı akışına uygun olarak belirli bir radyometrik sıcaklık ile ilişkilendirilmiştir. Radyometrik sıcaklığın hesaplanabilmesi için yüzey sıcaklığı, emissivite ve kullanılan termal kanal önemlidir (Norman ve Becker, 1995; Becker ve Li, 1995). Radyometrik sıcaklık tanımı yönlü parlaklık sıcaklığı kavramından etkilenmiştir. Termal sensörün Planck yasası çerçevesinde tersine çevrilmesinden yönlü parlaklık sıcaklığı hesaplanmaktadır. Planck yasası kara bir cismin belirli bir sıcaklıkta yaydığı elektromanyetik radyasyondur. Yönlü parlaklık sıcaklığı yüzey ile atmosfer arasındaki radyasyonun herhangi bir etki olduğu düşünülmeden hesaplanan parlaklık sıcaklık değeridir (Vooght ve Oke, 2003). Yönlü radyometrik sıcaklık ise atmosferik etkenlerden ve yüzeydeki emilim etkilerinden düzeltilmiş sıcaklıktır. Termal UA'a sahip uyduların termal sensörleri Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), Moderate Resolation İmage Spectroradiometer (MODIS), Landsat Thematic Mapper (TM), Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM), Landsat Thermal Infrared Sensor (TIRS), SPOT gibi birçok termal sensörler bulunmaktadır. Fakat termal sensörler sadece uydu sistemlerinde bulunmamaktadır. Thermovision İnfrared Camera (AGEMA), Advanced Thermal Land Applications Sensor (ATLAS), Infrared Thermography (IRT), Forward Looking Infrared (FLIR) gibi termal sensörlerde yerel çaplı taşınabilir ya da sabitlenebilir modelleri de kullanılmaktadır.

Termal UA tekniği ile KIA'ların belirlenmesi ve etkilerinin değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Kent ısı adalarının belirlenmesi, iklim değişikliklerinin incelenmesi, don olaylarının yerlerinin saptanması, volkanizma, ziraat, jeotermal kaynakların tespiti, doğal kaynakların tespiti, orman risk ve analizleri vb. birçok çalışmada ısıl uydu verileri kullanılmaktadır. Isıl uydu verilerinden elde edilen YYS ise en önemli çıktısıdır. Meteoroloji istasyonlarının hava sıcaklığı olarak belirttikleri sıcaklık aslında 1 ile 3 m yüksekliğinde ölçülen sıcaklık değerleridir. Uydu sistemlerinden yararlanılarak hesaplanan YYS ise yer kürenin kinetik sıcaklığını ifade etmektedir. UA tekniği ile elde edilen radyometrik sıcaklık değeri radyometreler tarafından ölçülmektedir. Radyometreler tarafından ölçümlenen bu değerler gerçek yeryüzü sıcaklık değerini göstermemektedir. Uydulardaki ısıl algılayıcılar yeryüzünden gelen enerjiyi kaydederek atmosfer üstü (TOA) ışınımsal enerjiyi elde etmektedir. Elde edilen bu TOA ardından yapılan bir dönüştürme TOA parlaklık sıcaklık değerine dönüştürülmektedir. Yeryüzünden gelen ışınımsal enerjiler yeryüzünde farklı maddeler ile karşılaşmaktadır. Bu yüzden ışınımsal enerji değerleri

değişim göstermektedir. Bu değişikliklere neden olan bir unsur ise yer yüzey yayınırlığıdır. Aynı zamanda yüzey sıcaklıkları için önemli olan bir diğer etken ise yeryüzü yayınırlık değerleridir. Yer yüzeyi yapısı ve bileşimi hakkında bilgi vermektedir. Yüzey sıcaklığını etkileyen bir başka unsur ise atmosferik etkenlerdir. Yeryüzünden yayılan ısı ışınım algılayıcıya ulaşana kadar yutulur, saçılır ve yayılımda bulunmaktadır. 8 ile 10 ve 10 ile 12 mikrometre dalga boylarında bu durum en az olmasına rağmen göz ardı edilemeyecek düzeydedir. Hava da bulunan atmosferik gazlar yüzeyden gelen ısıl ışınıma, saçılım, yutulum ve yayılım olarak göz ardı edilemeyecek düzeyde etki etmektedir. Gökyüzünün açık olduğu durumlarda ışıma etkileri göz ardı edilebilecek duruma gelmektedir. En temel atmosferik etkenlerden su buharı elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölgesinde görülmektedir. Su buharı ışımasının en yoğun olduğu katman atmosferik alt tabakasındaki belirli bir bölgedeki (3 ile 4 km'lik) katmandır. Atmosferin elektromanyetik enerjiyi iletme kapasitesine atmosferik geçirgenlik denmektedir. Atmosferik geçirgenlik, atmosfer içinde bulunan su buharı değeri ile hesaplanmaktadır (Çelik, 2013).

YYS hesaplamalarında en önemli adımlardan birisi yer yüzey yayınırlığı hesabıdır. Çünkü sensörün görüş alanındaki yüzey karmaşık bir yapıda olabilmektedir. Burada karmaşık yapının daha basit bir yapıya indirgenmesi için yer yüzey yayınırlığı kullanılmaktadır. Yüzey yayınırlığı birkaç bulunabilmektedir. Bunlar NDVI tabanlı yayınırlık yöntemi (NBEM), sınıflandırmaya dayalı yayınırlık yöntemi (CBEM), Gece ve gündüz sıcaklığından bağımsız spektral endekslere dayalı (TISI) yöntemdir. NDVI tabanlı yayınırlık yönteminde NDVI ve termal sensör kullanılarak aralarında istatiksel bir ilişki ortaya çıkarılmıştır. Sınıflandırmaya dayalı yayınırlık yönteminde ise benzer arazi örtüsüne sahip arazilerin benzer yer yüzey yayınırlığına gösterdiği ve mevsimsel ve dinamik durumlar karşısında değişikliklerin dikkate alınarak YYS hesaplanmasında kullanılmasını desteklemektedir. Gece gündüz sıcaklığından bağımsız spektral endekse dayalı (TISI) yönteminde ise Gece ve gündüz ölçülen Orta Kızılötesi (MIR) kanalın salım gücünden yararlanılarak YYS hesaplanmaktadır. NDVI tabanlı yayınırlık yöntemi diğer yayınırlık yöntemlerine daha tutarlı sonuçlar verdiği için genellikle NDVI tabanlı yayınırlık yöntemleri kullanılmaktadır.

Sınıflandırma, uydu görüntüleri kullanılarak anlamlı sayısal tematik haritalar üretme işlemidir. Sınıflandırmalar kontrollü ve kontrolsüz olarak ikiye ayrılmaktadır. Kontrollü sınıflandırmalarda bir sınıfı belirleyebilmek için o sınıfı niteleyen benzer piksel örnekleri

temel alınarak sınıflandırma işlemi yapılmaktadır. Kontrolsüz sınıflandırma da ise görüntünün sahip olduğu özellikler istatiksel olarak belirlenerek sınıflandırılmasıdır. Kontrolsüz sınıflandırma görüntü üzerindeki verilerin düzgün bir şekilde belirlenemediği durumlarda kullanılmaktadır Görüntü için ön bir bilgiye ihtiyaç duymaz. Sınıflandırma işlemi yapıldıktan sınıfların doğruluğunu belirlemek için doğruluk analizi yapılmaktadır. Arazi hakkında kesin bilgi veren kaynaktan alınan referans değerleri ile yapılan sınıflandırmadaki noktaların karşılaştırılmasına dayalı bir kontrol sistemidir.

Kontrollü sınıflandırma işleminde birkaç farklı yol bulunmaktadır. Bunlara örnek: En yakın mesafe, en yüksek olasılık, destek vektör makine vb. sınıflandırma işlemleridir. En yakın mesafe yönteminde her bir sınıf için örnek alanlar oluşturulur ve her sınıf için ortalama değerler belirlenir. Bilinmeyen piksellerin sınıflara olan mesafeleri hesaplanarak en yakın oldukları sınıflara atanırlar. En yüksek olasılık, pikseller için oluna bilirliği en yüksek değerler belirlenerek sınıflara göre atama işlemi gerçekleştirilir. DVM, istatiksel öğrenme teorisinden türetilerek parametrik olmayan bir denetim sistemidir. DVM en yüksek olasılık sınıflandırmasına göre daha iyi performans göstermektedir (Bruzzone ve Persello, 2009). DVM'nin sınıf başına 20 piksel örneklem alarak yapay sinir ağı ve sınıflandırma ve ağaçlarında önemli doğruluklar elde edildiği görülmüştür (Shao ve Lunetta, 2012).

Bu tez çalışmasında amaç Çanakkale bölgesindeki 10 farklı ilçe merkezi ve çevresinde yıllık süreç içerisindeki YYS değişimini gözlemlemek ve değişimin AÖK arasındaki ilişkisini inceleyerek KIA ve SUHII değerlerinin belirlenmesidir. Çalışma kapsamında 1984 ile 2020 yılları arasındaki temmuz ayında algılanan Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri dört farklı YYS denklemi kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan denklemler AC, TK, TP ve RT'dir. Oluşturulan denklemlerin doğruluğunu belirlemek amacıyla 15 farklı meteoroloji istasyonlarındaki 2 m hava sıcaklığı değerleri eş zaman dilimli YYS değerleri ile analiz edilmiştir. Analizde regnesyon korelasyon ve kök ortalama karasel hata (RMSE) değerleri kullanılarak sayısal veri haline getirilmiştir. Arazi örtüsündeki sınıfların alansal değişimi ve sınıflar ile ilişkilendirilmiş YYS değerlerini incelemek amacıyla 1985, 1993, 1998, 2004, 2013 ve 2018 yılları kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden DVM yöntemi ile sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Sınıflandırma sonucunda kent alanı, orman, çıplak arazi ve yeşil alan olmak üzere 4 farklı sınıf ortaya konmuştur. Çalışma alanında oluşturulan kentsel ısı adası alanının çevresindeki eş yükselti ve bakıya sahip kırsal alan ile farkından kentsel ısı adası yoğunluğu elde edilmiştir. Kent alanlarının

ısı adası üzerindeki etkileri hesaplanarak KIA hakkında 36 yıllık süreç içerisinde 10 farklı ilçede ve 4 farklı YYS denklemi değerlendirilerek analiz edilmiştir.

1.1. Kent Isı Adası

Kent sözcüğü Farsçadan dilimize geçen şehir sözcüğünün karşılığıdır ve en genel tabiri ile en büyük yerleşim alanıdır (Es, vd., 2020) Kent tanımı tarihsel süreç içerisinde tanımlaması tam olarak yapılamamıştır. Çünkü her dönem ve coğrafyanın farklı olması adlandırmaların dinamik bir kavram olmasını meydana getirmiştir (Güler ve Parlıyan, 2020). Medeniyetlerin oluştuğu dönemlerde kent, insanların yaşam kalitelerini daha iyi hale getirebilmek için toplandıkları alanlar iken günümüzde ekonomik ve sosyal faaliyetlerin gerekli istihdamların sağlandığı belirli bir nüfusa ve kritere sahip olan alanlar olarak tanımlanmaktadır (Tekkanat ve Türkmen, 2018). Kent alanları oluşturan yapı malzemeleri yollar, binalar, kaldırımlar, yapısal malzemeler, park bahçe alanları, orman alanları, sanayi kuruluşları, hizmet binaları gibi yerler ve alanlardır. Kent alanları ile çevresindeki kırsal alanların eş zamanlı olarak sıcaklık değerleri incelendiğinde farklılıkların olduğu görülmektedir (Çiçek, 2005). Bu farklılık KIA ve kent serin adası olarak adlandırılmaktadır (Yang vd., 2017). İlk olarak 1833 yılında Luke Howard tarafından araştırılmış ve tanımlanmıştır (Howard, 1833). Sıcaklık farkı genellikle geceleri gündüze göre daha fazladır ve en çok rüzgârın zayıf olduğunda belirgindir (Yılmaz ve Çiçek, 2013). Isı adası, kent alanı ile kırsal alan arasındaki farkı nitelemektedir. KIA ve kent seri adası ise kent alanlarının etkilerinin oluşan fark karşısındaki etkilerine göre isimlendirilmektedir. Başka bir deyişle kent alanının kırsal alandan sıcak olduğu durumlar için kullanılırken kent serin adası soğuk olduğu durumdur. KIA kentleşmenin görüldüğü yerlerde insan faaliyetleri nedeniyle meydana gelen sıcaklığın çevresindeki kırsal alanlara göre daha sıcak olan alanlardır. KIA etkisinin ana nedeni arazi yüzeylerinin değiştirilmesidir. Enerji kullanımıyla üretilen atık ısı ise ikincil bir katkıdır. Bir bölgede nüfus miktarında artma görülmekte ise, kentsel alan genişlemekte ve ortalama sıcaklık değerinde de bir artış gözlemlenmesi beklenir (Oke, 1973). Bu değerler orta iklim kuşaklarında daha belirgin şekilde ortaya konmaktadır. Kent alanlarının çöl gibi alanlar içinde olduğunda kentin çevresine gündüzleri kent serin adası niteliği taşıdığı gözlemlenmektedir (Athukorala ve Murayama, 2021). KIA etkisine bağlı olarak şehirlerin rüzgâr yönleri değişebilmektedir. Kentsel alanlardaki sıcaklık artışı ile mevsimlerde zamansal değişimler gözlemlenebilmektedir. KIA ozon gibi kirletici

maddelerin üretimini arttırarak hava kalitesini düşürmektedir. Bu sebeple su kaynaklarının sıcaklık değerleri artarken ekosistem deki su kalitesini düşürür (Tozam ve Karaca, 2018). KIA'nın ada olarak adlandırılma sebebi kent alanı merkez olarak düşünüldüğünde sıcaklık değerlerinin merkezden uzaklaştıkça azaldığı görülmektedir ve kent bir ada görünüme sahip olmaktadır.

1.2. Kent Isı Adası Nedenleri

Kentsel ısı adasının çeşitli nedenleri vardır. Karanlık yüzeyler önemli ölçüde daha fazla radyasyonu emer, gün boyunca şehir içinde bulunan yol ve binalar, kırsal alanlara göre daha fazla ısınmasına neden olmaktadır (Umaroğulları ve Kartal, 2005). Geçirimsiz yüzey elemanlarının kullanıldığı kentsel alanlarda genellikle kaldırım ve çatılarda kullanılan malzemeler, çevredeki kırsal alanlardan önemli derecede farklı ısı kapasitesi, ısı iletimi, albedo, evatranspasyonunu ve emisyona sahiptir. Bu kentsel bölgenin enerji dengesini değiştirmektedir (Tozam ve Karaca, 2018). Genelde bu etki kırsal alanlara oranla daha yüksek sıcaklıklara yol açar. Kanyon geometrisinin albedo üzerindeki etkisi sebebiyle kısa dalga radyasyonları geniş alanlara ulaşır ve maddenin emilimini ve soğurmasını değiştirir (Oke, 1981).Ortalama bina seviyesinde olan Kanopi katmanında düşük rüzgâr hızları ısı kaybını olumsuz etkiler. Antropojenik ısı kaynakları, kentsel atmosfere ve yüzey alanlarına daha fazla ısı vermektedir. Yeşil alanların kentsel alanlarda geçirimsiz yüzeylere dönüştürülmesi, buharlaşma ve terlemenin azalmasına neden olurken sıcaklık değerlerinde artış meydana getirmektedir.

1.3. Kent Isı Adasını Etkileyen Faktörler

1.3.1. Kent Isı Adası ve Nüfus

Şehir nüfusu ile kırsal alandaki nüfusun farkı incelendiğinde belirli bir ilişkinin ortaya konduğu görülmektedir. SUHII kent nüfusunun logaritması ile pozitif bir ilişki içerisindedir (Oke, 1973). Avrupa'daki büyük şehirlerde yapılan araştırmalara göre Kuzey Amerika'daki karşılaştırabilir şehirlere oranlara daha soğuk olduğu görülmüştür. Kentsel alan ile kırsal alan üzerindeki sıcaklık değişimi ve nüfus denklemleri Denklem 1.1 ve Denklem 1.2'de gösterilmektedir.

Avrupa: $\Delta T = 2.01 \times log10(P) - 4.06$ (1.1)

Kuzey Amerika: $\Delta T = 2.96 \times log10(P) - 6.41$ (1.2)

1.3.2. Kent Isı Adası ve Hava Durumu

KIA'nın özellikleri hava koşullarına durumlarına göre değişkenlik göstermektedir. Kent alanları ile kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkı incelendiğinde havanın bulutlu ve rüzgârlı olduğu durumlarda daha az, açık ve rüzgârın sakin olduğu durumlarda yüksek değerler içermektedir (Yüksel ve Yılmaz, 2008). Kuvvetli rüzgârlar kırsal alanların özelliklerini kentsel alanlara taşımakta iken KIA etkini azaltmaktadır. Rüzgâr, atmosfere etkili bir şekilde ısı değişimi yaratması sebebiyle KIA etkisini düşürücü önemli bir faktördür.

1.3.3. Kent Isı Adası ve Geometrisi

Kentsel ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farklılığı kentsel geometri faktörüne bağlıdır (Blankenstein ve Kuttler, 2004). Kentsel geometri binaların ve sokakların boyutu, şekli ve yönünü temsil etmektedir. Sokak geometrisinin şehir içindeki dağılımı, sokaklarda ayrı bir sokak yüzey sıcaklığı modeli yaratmada büyük rol oynamaktadır. Bu etki dar sokaklardaki radyasyon dengesini değiştirerek ısıyı depolar ve enerji gizli ve hissedilir ısıya dönüşür (Harman ve Belcher, 2006). Oke'nin kentsel gölgelik katmanı olarak adlandırdığı binaların çatı seviyelerinin altında bulunan kent katmanı içerisinde bulundurduğu binalar, yollar ve bitki örtüsü ile mikro iklim özellikleri taşımaktadır. Bu bölgelerdeki bina ve diğer yapısal ürünlerin gölgeleri açık alanlarda bulunan yapılara göre daha düşük sıcaklık değerlerine sahip olabilmektedir. Kent alanı içerisindeki çim alanları, parklar ve bitki örtüsüne sahip alanlar ısıyı dağıtmaktadır. Ülkemizdeki kırsal alanlardaki avlular kentsel kanyon etkileri göstermektedir. Geniş avlularda yere ulaşan güneş etkisi daha fazla olduğu için gün içinde hava ısınır ve geceler daha soğuk olmaktadır. Fakat küçük avlularda güneş etkisi yüzeye ulaşamaz ve hava sabahları serin ve geceleri çatı katına kıyasla daha sıcaktır.

1.3.4. Kent Isı Adası ve Yüzey Bileşenleri

Asfalt ve beton gibi geçirimsiz yüzeylere sahip maddeler bitki örtüsü yüzeylerine göre daha fazla ısı enerjisini emer, depolar ve tekrardan yayar. Bitki örtüsünün önemini

gösteren çok sayıda çalışma yapılmıştır (Alkan vd., 2017; Şimşek ve Şengezer, 2012). Bir kent alanındaki sıcaklık değişiminin azalmasında yeşil alanlar arasında güç bir ilişki vardır. 150 hektar alana sahip bir park çevresindeki alanlara göre 6°C daha soğuk olabilmekte 2 hektar alana sahip bir park ise 2°C soğutabilme kapasitesi vardır. Büyük park alanları etkisini 1 km civarında hissettirebilirken küçük park alanları etkisini 30 m ile sınırlandırmaktadır (Bonan vd., 2002). Gündüz vakti hesaplanan sıcaklık değerleri ile geçirimsiz yüzeylerin yüzdesi ile doğrusal olarak ilişkilendirilebilmektedir. Asfalt ve beton gibi sert geçirimsiz yüzeyler ısınma etkisine sahip iken bitki örtüsüne sahip yüzeyler soğutma etkisine sahiptir. Asfalt yüzey alanı ile ormanlık alanlarının gün içerisindeki sıcaklık değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde bu değerin 10°C'ye çıktığı görülmektedir (Lac vd., 2013).

1.4. Kent Isı Adası Çeşitleri

Kent ısı adaları farklı sınır tabakalarına sahiptir. Bu sınır tabakalarının ayrı olarak incelenmesi gerekmektedir. İlk olarak Oke 1976 yılında yayınlamış olduğu çalışmada kent alanını iki sınır tabakasına ayırmıştır. Bunlar Kanopi Sınır Tabakası ve Kent Sınır Tabakası'dır. Kanopi sınır tabakasının yerel ölçekli çalışmalarda ve kent sınır tabakasının ise bölgesel ölçekli çalışmalar için kullanılabileceğini savunmuştur (Oke, 1976). Fakat Voogt ve Oke, 2003 yılında yapmış oldukları çalışmada kent alanlarını üç farklı sınıfta incelemişlerdir. Bunlar Kanopi Kent Isı Adası (Urban Kanopi Island, UCL) buna aynı zamanda gölge katmanı adını da vermiştir, Şehir Sınır Tabakası (Urban Boundary Layer, UBL) ve Yüzey Isı Adası (Surface Heat Island, SUHI)'dır (Voogt ve Oke, 2003). Kanopi ve sınır katmanı ısı adaları atmosferin ısınmasında kaynaklı olarak incelenmekte iken SUHI kent alanının yüzeyindeki ısınmasıdır. Kanopi ısı tabakasını yeryüzünden ortalama bina yüksekliği arasındaki gölgelik katman olarak tanımlamıştır. Gölgelik katman ile atmosfer katmanı arasındaki alan ise kent sınır tabakasını oluşturur. Kanopi ısı adası ölçümlerinde meteoroloji istasyonları (1 ve 3 m yüksekliğe sahip oldukları için), yer tabanlı gözlemler, ya da taşıyıcı taşıtlarla yapılabileceği uygun görülmüştür. Kent sınır tabakası ölçümleri için ise meteoroloji balonları, yüksek yapılar (kule benzeri), uçaklar kullanılabilmektedir. SUHİ çalışmaları için ise uydular ya da uçaklar yardımıyla ölçümlenebilmektedir. Kanopi ısı adaları incelendiğinde rüzgâr etkilerinden etkilendiği gözlemlenmiştir. Şehrin geometrik yapısının önemli olduğu ortaya konmuştur. Kent sınır tabakası için yapıların absorve özelliklerinin önemli olduğu gözlemlenmiştir. Yüzey ısı adalarında ise kent alanını etkileyen

birçok etkinin olduğu belirtilmekte ve KIA nedenlerinde değinilecektir. Kent Isı adaları sınıflara ayrılmış dahi olsalar da ortak yönleri çevresindeki kırsal alanlardan daha sıcak alanlar olmasıdır. Kent alanlarında gün içerisinde de sıcaklık değişimleri gözlemlenmektedir. Bu etkinin oluşmasında güneşin etkisinden sonra en temel olay yapı malzemelerinin ısıyı depolama özelliğinden kaynaklıdır. Bu özelliğin en belirgin şekilde sakin ve açık havanın olduğu zaman dilimlerinde gözlemlenmektedir. Kent alanları ile kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkı da bu yüzden artmaktadır. Kanopi ısı adasının ise en belirgin olduğu zaman dilimi geceleri rüzgârın az havanın sakin ve açık olduğu zamanlardır. Bunların görülmesindeki temel neden kent alanlarının kırsal alanlara göre ısı depolama yeteneği fazla olan maddeler içermesidir. Kırsal alanlarda sıcaklık değişimi normal seyrinde devam ederken kent alanlarında belirli bir ısı deposuna sahip maddeler içerdiği için sıcaklık daha az kaybolmaktadır. Güneşin batmasından sonra kent alanları sıcaklık etkisini daha yavaş hissederken kırsal alanlar kent alanlarına göre daha fazla hissetmektedir.

1.5. Kent Isı Adası Etkileri

Sıcaklık değerlerinin düşük olduğu zamanlarda KIA etkisinin olumlu etkileri gözlemlenmiştir. Isınma ihtiyacı için gereken enerji kent alanlarının normalden daha sıcak olması sebebiyle daha az tüketilmektedir. Bu da bir enerji tasarrufu meydana getirmektedir. Aynı zamanda tarım yapılan arazilere giden yollardaki buzların daha hızlı çözülmesi sağlamaktadır (Tolunay, 2011).

Kışın ne kadar da tasarruf edildiği düşünülse de yazın bu etki tam tersi hal almaktadır. Sıcaklık değerlerinin yükselmesi ile birlikte binaların ve çalışma alanlarının serin tutabilmek için klimaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da büyük bir enerji talebini meydana getirmekte SUHII değerlerini arttırmaktadır. Sıcaklık değerlerinin 0.6°C arttığında ortalama %1 ile %2 arasında elektrik tüketiminin arttığı gözlemlenmiştir (EPA, 2009).

Enerji taleplerinin artması ile birlikte sera gazı emisyonu ve hava kirliliği gün geçtikçe daha da büyük sorun olmaya başlamıştır. İnsan faaliyetlerinin bu şekilde devam etmesi sera gazı salımında yükselme olduğunu göstermektedir. Dünyamızda sıcaklık değerlerinin 2°C de tutulması için uğraşılmaktadır. Çünkü daha alt limitler için gereken önlemleri dünya ülkeleri sağlamayı başaramamıştır. IPCC raporları dâhilinde sera gazı salımınının azaltılması ile belirli standartlar getirilmesine rağmen dünya ısınmakta ve

etkilerini yavaş yavaş hissetmeye başlamaktayız. Yerleşim alanlarındaki sanayi kuruluşları, taşıtlar, soğutma gazlarında açığa çıkan zehirli gazların salınımının artması küresel ısınmaya, dolaylı yoldan da iklim değişikline neden olmaktadır. Bu nedenle kentleşme iklim değişikliği nedenleri arasındadır (Demir, 2009). İnsan faaliyetlerinin devam etmesi beraberinde asit yağmurlarını ve hava sorunlarının da oluşmasına ve fosil yakıtların sanayi bölgelerinde tüketimi salınan CO_2 miktarını arttırmakta ve küresel iklim değişikline neden olmaktadır. Kötü hava kalitesi ve beraberinde sıcaklık değerlerinin artmasından kaynaklı olarak insanlarda solunum rahatsızlığı ve astım gibi hastalıkların artmasına ya da şiddetlenmesine neden olabilmektedir (Tan vd., 2010). Hava kalitesinin kötü olması ayrıca sıcaklık değişimlerine neden olmaktadır.

Sıcak yaz mevsimleri KIA etkisinin en yoğun olarak hissedildiği zaman dilimidir. Bu yüzden insanlarda sıcak çarpmaları, yorgunluk, bayılma sıcaklığa bağlı olüm riskini tetiklemektedir (De Lorenzo ve Liano, 2017). Yaşlılar, çocuklar ve hasta bireylerin yüksek ısıdan en çok etkilenen gruptur. Sıcaklık değişimlerinden meydana gelen sorunların başında insan sağlığındaki olumsuz etkiler öne çıkmaktadır. 2003 yılının haziran ayı sonlarından eylül ayına kadar devam eden sıcak hava dalgaları 16 Avrupa ülkesinde 74483 kişinin hayatını kaybetmesine neden olmuştur (Robine vd., 2018). Ani gelişen hava olaylarının nedenlerinden birisi de yerleşim alanlarındaki sıcaklık değişimleridir. Hava olaylarındaki ani değişimler yaşam konforlarının düşmesine ve insanlar üzerinde maddi ve manevi sorunlara sebep olmaktadır.

1.6. Termal Uzaktan Algılama

Termal UA temel olarak elektromanyetik spektrumdan ve kara cisim teorisinden yararlanarak YYS hesaplanmasında bilgiler sağlamaktadır Termal UA sistemleri, yeryüzünü dik olarak tarama yapan çok spektrumlu tarayıcılar olarak ifade edilebilir. Sadece termal kızıl ötesi bölgelerine duyarlı algılayıcılar kullanılmaktadır (Dağlıyar vd., 2006).YYS'nin belirlenmesinde UA sistemlerinin termal görüntüleri oldukça verimli sonuçlar üretmektedir (Sobrino vd., 2004). Elde edilen verilerin ucuz ve yerel ve küresel alanlar üzerinde çalışma imkânı sağlaması ve CBS ile entegre olması veri analiz ve değerlendirmelerinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Landsat 8 uydusu 2013 yılında Ulusal Havacılık ve Uzay

Dairesinin (NASA) tarafından uzaya gönderilen Landsat programının sonuncu aracıdır. Dokuz adet spektral ve iki adat termal banda sahiptir. (Akyürek, 2020).

Termal algılamada yeryüzünden elde edilen enerji algılayıcıda kaydedilir ve bize bir görüntü olarak gelmesi sağlanır. Fakat görüntü cisim hakkında sadece siyah beyaz olacak şekilde bir görüntü sunar. Görüntüde koyu renkli alanlar soğuk, açık renkli alanlar ise sıcak niteliği taşımaktadır (Yüksel, 2008).

1.6.1. Elektromanyetik Spektrum

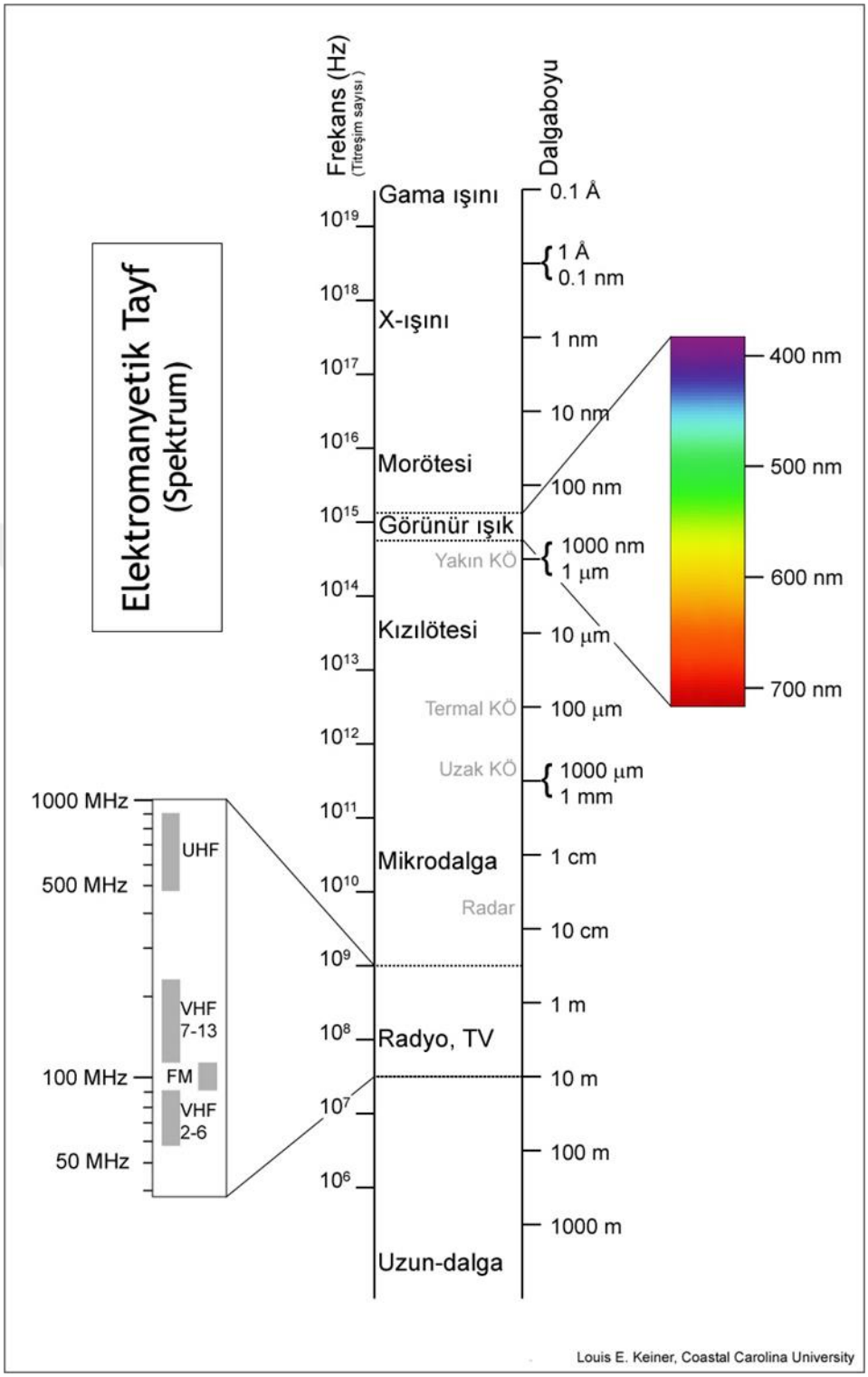
Elektromanyetik spektrum ışığım tüm dalga boylarını temsil eder. En kısa dalga boylarından en uzun dalga boylarına kadar bir aralığa sahiptir. En kısa dalga boyları gama ışınları olabilirken en uzun dalga boyları mikrodalgalardır (Belenoğlu, 2019). Genel olarak dalgaların isimleri ve aralıkla aşağıdaki gibidir.

Belirli bir bölge ve isimlere göre adlandırıldığında beş bölgede belirtilebilmektedir. Bunlar görünür, yakın kızılötesi, orta kızılötesi, termal kızılötesi ve mikrodalga bölgeleridir.

Görünür bölge 0.4 ile 0.7 μm değer aralıklarında kalan bölgedir. İnsan gözünün renk ve ışık olarak algıladığı bir bölgedir. İçerisinde mavi, kırmızı, ve yeşil olmak üzere 3 ana renk bulunmaktadır. Mavi 0.4 ile 0.5 μm, yeşil 0.5 ile 0.6 μm ve kırmızı 0.6 ile 0.7 μm dalga boyları arasındadır.

Kızılötesi bölge 0.7 ile 1.2 μm dalga boyları arasında bulunmaktadır. İnsan gözünün algıladığı bölgenin hemen yanında bulunmaktadır. Yeşil alanları ayırt etmede kullanılabilmektedir. Sağlıklı bitki örtüsü hasta bitki örtüsüne göre daha iyi yansıtım oranına sahiptir.

Orta kızılötesi bölge 1.2 ile 8 μm dalga boyları arasında bulunmaktadır. Yakın kızılötesi bölgesinin yanında yer almaktadır. 1.2 ile 3 μm dalga boyları arasında kısa kızılötesi bulunmaktadır. Toprak ve bitki nem içeriğini tahmin etmek için kullanılmaktadır. 3 ile 5 μm arasında ise yüksek sıcaklık kaynakları algılanabilmektedir.



Şekil 1.1. Elektromanyetik Spektrum (Louis E. Keiner, Coastal Carolina Üniversitesi).

Termal Kızılötesi bölge 8 ile 14 um dalga boyları arasında bulunmaktadır. Bu bölge dünya yüzeyinden yayılan enerjidir ve yüzey sıcaklıklarının haritalanması için kullanılabilmektedir. Bir insan vücudu maksimum 10 um'da ısı enerjisi sağlayabilmektedir. Bitki stresi (Çamoğlu ve Genç (2013), bulutların belirlenmesi (Battal vd., 2016), volkanizma

(Özgen, 2019), orman yangınları (Yavuz ve Sağlam, 2011), don alanlarının belirlenmesi (Yıldız vd., 2013), SUHII (Chun ve Guldman, 2014), çevre kirliliği (Uysal ve Görmüş, 2010) gibi konuları değerlendirmek için kullanılabilmektedir. Mikrodalga bölge 1 mm den büyük dalga boylarını içermektedir.

1.6.2. Uzaktan Algılama ve Kullanımı

UA basit tabir ile objelere dokunmadan tanımlama yapmaktadır. Akademik olarak ise, belirli bir mesafeden, obje ile fiziksel bir temas içerisinde olmadan sensörler yardımıyla incelenen ve obje hakkında bilgilerin ulaşıldığı ve değerlendirildiği bir bilim dalıdır. Yeryüzünde bulunan her cisim farklı yansıma, soğurma ve geçirme özelliklerine sahiptir. Bu yüzden cisimlere gelen ışınım miktarındaki değişimler farklı dalga boylarını oluşturarak cisimler hakkında ayırt edilebilir özellikler içermektedir.(Aliyazıcıoğlu, 2019). Bu yüzden algılanan cismin doğru olarak belirlenmesi YYS çalışmalarında önemli bir veri haline gelmektedir. UA'nın en önemli avantajları, kısa sürede geniş alanlar üzerinde bilgi verme potansiyeli, alan ölçümlerinin yapılmasına nazaran daha ucuz olması, CBS ile entegre bir şekilde çalışma olanağı sağlamasıdır. UA sistemleri alınan ışığın enerjisine göre ayrım yapabilmektedir. Bu sayede bitki örtüsü, okyanus özellikleri, yüzeyde bulunan maddelerin içeriği gibi temel birçok verinin elde edilmesine imkân sağlamaktadır. Apollo 9'un multispektral görüntüleri kullanılarak UA yöntemleri ile ilk olarak dünya haritası çıkartılmıştır (Giardino, 2011). SUHII çalışmalarında ilk olarak 1972 yılında Rao çalışma yapmıştır (Chen vd., 2006). Ardından yüzey ısı adası çalışmaları kentsel meteoroloji ve makro iklim bilimi tanımında ve incelemelerinde büyük önem kazanmıştır (Gallo vd., 1993; Grimmond, 2006; Weng, 2009)

1.6.3. Kara Cisim Teoremi

Kara cisim tüm frekanslarda radyasyonu tamamen emmektedir. Fakat siyah cismin bir özelliği daha vardır siyah cisim aynı zamanda siyah cisim radyasyonu yayabilmektedir. Beyaz cisimde ise bunun tam tersi görülmektedir. Gelen tüm radyasyonu eşit şekilde yansıtmaktadır. Kara cisim belirli bir sıcaklıkta elektromanyetik kara cisim radyasyonu yayabilmektedir. Bu yayılımı Planck yasası çerçevesinde gerçekleştirmektedir. Kara cisim

iki önemli özelliği vardır. Her frekansta aynı sıcaklıkta radyasyon enerji enerjisi yayabilmektedir. Dağınık bir yayıcıdır.

Temel olarak siyah cisim sıcaklığı muhafaza edebilen bir alandır. Kara cisim üzerinden açılan bir delikten yollanan herhangi bir ışık içerisinde emilir, yansır ama yeniden ortaya çıkması muhtemel değildir. Bu yüzden gelen sıcaklık değeri ile eş değerli olmaktadır. Gerçekte kara cisim mevcut değildir.

$$M_{n,\lambda} = \frac{2\times\pi\times h\times c^2}{\lambda^5\times\left(\exp\left(\frac{h\times c}{\lambda\times k\times T}\right)-1\right)} \quad (1.3)$$

Burada $M_{n,\lambda}$ çıkan spektral değer (W/m^2/sr/μm), h plank sabiti (6.626×10^{-34} Ws^2), k boltzman sabitidir (1.38 × 10^{-23} Ws^{2}K^{-1}), c ışık hızı, λ metre cinsinden dalga boyu, T karacisim sıcaklığı (K)'dır (Oke ve Vooght, 2003).

1.6.4. Yer Yüzey Sıcaklığı Değerlerinin Elde Edilmesi

YYS'nin uzaydan ölçümlenmesi ile yerel ve küresel ölçekli çalışmalar için iyi bir çalışma ortamı sağlanmıştır. Termal uydu görüntülerinin kullanılması ile birlikte YYS çalışmalarında daha iyi sonuçlar vermektedir (Norm ve Becker, 1995). Çünkü termal bantlar ile YYS sıcaklığı hesaplamalarında iyileştirme yöntemleri denenerek RT Denklemi ve yer yüzeyi yayınırlığı (LSE) çalışmalarında farklı öneriler ve uygulamalar yapılarak birçok denklem (algoritma) geliştirilmiştir. Yüzey yayınırlığı önceden biliniyorsa 3 farklı gruba (Tek Kanal, Çok Açı ve Çok Kanal) ayırarak incelemek mümkündür. Tek Kanallı yöntemlerde tek bir ısıl bant kullanarak uydu sensöründen ölçülen parlaklık kullanılmaktadır. Atmosferik geçirgenlik, ışıma kodu verileri ile desteklenerek hesaplamalar yapılmaktadır. Tek kanal yöntemlerinde sonuçlarında daha iyi hesaplanabilmesi için atmosferik verilerin bilgileri ve yüzey yayınırlığı değerleri en önemli verileri oluşturmaktadır. Atmosferin atmosferden gelen ışınıma etkisi biliniyorsa, algılayıcılar tarafından yüzey ışınımı hesaplanabilir. Yüzey ışınımının bulunması ile de YYS değerine de ulaşılabilir. Tek kanal yöntemlerinde atmosferik parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Sıcaklık ve nem bilgilerine ulaşmak en önemli kriterdir. Kullanılacak olan uydu görüntüsünün saat dakika verileri ile sıcaklık ve nem verilerinin sağlandığı yerler eş zamanlı olması gerekmektedir. Bu yüzden tek kanal yöntemlerinin çalışmalardaki en büyük sorun yeterli veri desteğinin meteorolojik istasyonlardan elde edilememesidir. Çok kanallı

yöntemlerde komşu iki farklı dalga boyunun ısıl banttaki diferansiyel emmeden yararlanılarak hesaplanmaktadır. Çok açılı yöntemlerde ise belirli bir kanaldan belirlenen nesneye farklı bakış açılarından kaynaklanan uzunlukların farklı soğurma etkileri göz önüne alınarak hesaplanmaktadır. Tek kanallı çalışmalar çok kanallı çalışmalara göre hata payı daha az olduğu için daha çok tercih edilmektedir. Bu çıkarıma şu şekilde ulaşılmıştır. Jimenez - Munoz ve Sobrino'nun 2003 yılında farklı termal bantların YYS hesaplamasına nasıl dâhil edilebilir düşüncesi ile çalışmada bulunmuştur. 11 μm'ye yakın dalga boylarında bulunan sensörlerin 12 μm'ye yakın dalga boyların sensörlere göre tek bir kanal kullanılmasının daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. 12 μm'ye yakın dalga boylarının 11 μm'ye yakın dalga boylarına göre yüksek absorpsiyon ve atmosferik su buharında yüksek hatalara neden olduğunu BOREAS (BOReal Forest Ecosystem Study) verilerinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda görülmüştür (Jimenez - Munoz ve Sobrino, 2003). Fakat iki yöntem içinde iyileştirme çalışmaları devam etmektedir. Artis ve Carnahan'ın 1982 yılında oluşturmuş oldukları YYS denkleminde atmosferik profile ihtiyaç duymadan ısıl uydu bandı, kara cisim ışıma sabiti ve yer yüzey yayınırlığı değerleri kullanarak YYS değeri elde edilmektedir Çalışmalarda YYS için en çok kullanılan termal sensörler çizelge 2.1 de gösterilmiştir.

Tablo 1.1.

Yer Yüzey Sıcaklığı İçin Kullanılan Sensörler

Sensör	Kanal (s)	Spektral Aralık ($\boldsymbol{\mu m}$)	Mekânsal Çözünürlük (m)	Algoritma Çeşidi
Landsat 8 OLI/TIRS	10	10.6-11.2	100	Bölünmüş Pencere ve Tek Kanallı denklemler
	11	11.5-12.5		
Landsat 7/ ETM+	6	10.4-12.5	60	Tek Kanallı denklemler
Landsat 5 /TM	6	10.4-12.5	120	Tek kanallı denklem
NOAA/AVHRR	3	3.55-3.93	1100	Bölünmüş Pencere, TISI
	4	10.30-11.30	1100	
	5	11.50-12.50	1100	
Aqua ve Terra/MODIS	20	3.66-3.84	1000	Bölünmüş Pencere, Tek Kanallı denklemler, Gündüz Gece
	22	3.929-3.989		
	23	4.02-4.08		
	29	8.4-8.7		
	31	10.78-11.28		
	32	11.77-12.77		
	33	13.185-13.485		
Aqua / ASTER	10	8.125-8.475	90	TES
	11	8.475-8.825		
	12	8.925-9.275		
	13	10.25-10.95		
	14	10.95-11.65		
ENVİSAT/AATSR	6	10.85 ve 12.0	1000	Bölünmüş Pencere
	7	1.0		
Sentinel-3/ SLSTR	S7	3.74,10.85 ve 12.0	1000	Bölünmüş Pencere
	S8	0.28, 0.9 ve 1.0		

1.6.5. Termal Kanala Sahip Uydular

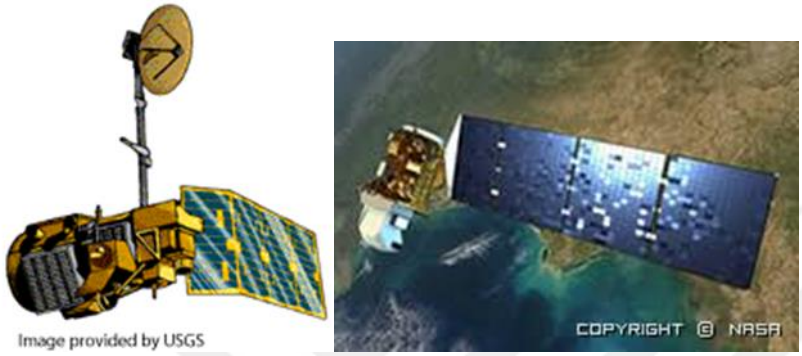
Yeryüzündeki doğal kaynakların incelenmesi amacıyla 23 Temmuz 1972 de ilk Landsat 1 uydusu atılmıştır. 6 yıl görevini sürdüren Landsat 1 uydusu 300 bin görüntü ve yeni petrol kaynaklarının belirlenmesinde yardımcı olmuştur. Sonraki yıllarda Landsat (1, 2, 3) uyduları aynı özellikleri taşıdıkları için ilk kuşak olarak adlandırılmaktadır. Landsat 2 ve Landsat 3 uyduları 1975 ve 1978 yıllarında fırlatılmıştır. RBV kamera ve Yüksek Çözünürlüklü Tarayıcı (MMS) olmak üzere iki sensöre sahiplerdi. İkinci kuşak Landsat uyduları, 1982'te Landsat 4 uydusu RBV yerine Tematik Haritalayıcı (TM) adında yeni bir cihazla donatılmıştır. 1984 yılında Landsat-5 fırlatılmıştır. 1993 yılında ise Landsat 6 uydusu fırlatılmış ve yörüngeye oturamamıştır.1999 yılında Landsat 7 geliştirilmiş Tematik Haritalayıcı ve Yüksek Çözünürlüklü Tarayıcı (MSS) ile donatılarak fırlatılmıştır. 11 Şubat 2013 tarihinde Landsat 8 uydusu yerden 705 km yükseklikteki yörüngesine oturmuştur. İkinci kuşak Landsat uydularında 1982 yılında Landsat 4 ile birlikte RBV yerine Tematik Haritalayıcı (TM) sensörü kullanılmaya başlanmıştır.

Landsat 5 TM uydusu 1984 yılında fırlatılmıştır. Yeryüzünden 705 km yükseklikte ve herhangi bir bölgeyi 16 günde tarayarak dönmektedir. Görüntü büyüklüğü ise 185×185 km'dir. Yedi farklı banda sahip olmakla ile birlikte bunların altısı spektral bant ve altıncı bandı ise termal banttır. Banların mekânsal çözünürlükleri sırasıyla 30 m ve 120 m'dir. Bitki örtüsü yoğunluğu, orman alanlarının haritalanması, farklı bitki türlerin tespiti, bitki miktarı saptama, litoloji tanımlaması, kurak alan su miktarı ve kar buz alanları arasındaki farklılığın bulunması, sıcaklık ölçümü, jeotermal alan, termal kirlilik ve KIA belirlenmesi gibi kullanım alanları vardır.

Landsat 8 uydusu 11 Şubat 2013 tarihinde atılmış ve halen çalışmaktadır. Landsat uydusu OLI ve TIRS olmak üzere iki farklı sensör bulundurmaktadır. Toplamda on bir farklı banda sahip olmakla birlikte sekizi spektral bant, ikisi termal bant ve bir tanesi de pankromatik banttır. Bantların mekânsal çözünürlükleri sırayla 30 m, 100 m ve 15 m'dir. Landsat uydusu günde 400 görüntü çekim yapabilme kapasitesine sahiptir. Lansat 5 TM uydusunun kullanım alanları kapsayarak daha iyi mekânsal çözünürlükte veriler oluşturabilmektedir.

Kentleşmenin olduğu bölgelerde arazi örtüsü bileşenlerinin yüzey ışıması, ısıl, nem gibi özelliklere sahiptir. KIA çalışmalarında yüzey bileşenlerinin doğruluğu önemli bir veri

kaynağı niteliğindedir. Radyometrik, spektral, zamansal ve mekânsal çözünürlüklerinin çok yüksek teknolojik aletlere sahip olması ile yüzey bileşenlerindeki bu karmaşık yapı basit hale getirebilir. UA teknikleri ile kent ısı adalarının tespiti için gerekli özelliklere sahip olması, Landsat uydu serilerinin yüksek mekânsal çözünürlüğünün uygun olduğunu göstermektedir. Bu nedenle çalışma da Landsat uydu serilerinden Landsat-5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uyduları kullanılmıştır. Ayrıca Landsat uydu görüntülerinin ücretsiz olarak sunulmaktadır.



Şekil 1.2. Landsat 5 ve 8 uyduları

Tablo 1.2.

Landsat 5 TM Uydu Görüntüsü Bantları ve Özellikleri

Sensör	Spektral Bantlar	Dalga boyu	Çözünürlük
TM (Tematik Görüntüleyici)	Bant 1 Blue	0.45-0.52	30
	Bant 2 Green	0.52-0.60	30
	Bant 3 Red	0.63-0.69	30
	Bant 4 Near Infrared (NIR)	0.76-0.90	30
	Bant 5 Shortwave Infrared (SWIR-1)	1.55-1.75	30
	Bant 6 Thermal	10.40-12.50	120*30
	Bant 7 Shortwave Infrared (SWIR-2)	2.08-2.35	30

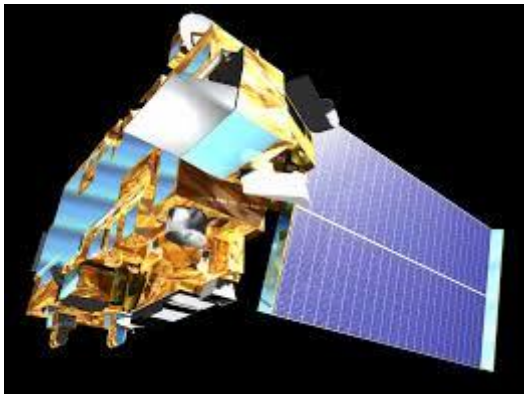
Tablo 1.3.

Landsat 8 OLI/TIRS Uydu Görüntüsü Bantları ve Özellikleri

Sensör	Spektral Bantlar	Dalgaboyu	Çözünürlük
OLI (Operasyonel Arazi Görüntüleyici)	Bant 1 Coastal Aerosol	0.43-0.45	30
	Bant 2 Blue	0.45-0.51	30
	Bant 3 Green	0.53-0.59	30
	Bant 4 Red	0.64-0.67	30
	Bant 5 Near Infrared	0.85-0.88	30
	Bant 6 Shortwave Infrared (SWIR-1)	1.57-1.65	30
	Bant 7 Shortwave Infrared (SWIR-2)	2.11-2.29	30
	Bant 8 Panchromatic	0.50-0.68	15
	Bant 9 Cirrus	1.36-1.38	30
TIRS (Thermal Kızılötesi Algılayıcı)	Bant 10 Thermal Infrared 1	10.60-11.9	100*30
	Bant 11 Thermal Infrared 2	11.50-12.51	100*30

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) uydusu TERRA uydusuna 1999 yılında monte edilmiştir. Kutuplara yakın şekilde yeryüzünden 705 km yükseklikte dönmektedir. Uydu sisteminde beş farklı algılayıcı (ASTER, MODIS, CERES, MISR, MOPITT) bulunmaktadır. Yüksek alansal, spektral ve radyometrik çözünürlüğe sahip 14 farklı spektral bant aralığına sahiptir. Yakın kızılötesi iki banda sahiptir ve bu bantlar sayesinde stereoskopik görüntüleme yapabilir. Kısa dalga ötesi altı banda sahiptir. Termal kızılötesi 5 bant aralığını kapsamaktadır. Bantların mekânsal çözünürlükleri sırasıyla 15, 30 ve 90 m'dir. Görüntü büyüklükleri 60 × 60 km'dir. Kayaç tipi tanımlanması, ayrıntılı volkanik aktivite, yangın haritalanması, jeotermal alanların tespiti gibi kullanım alanları vardır. Sayısal yükseklik modeli oluşturabilmektedir.

MODIS (Moderate Resolution İmaging Spectroradiometer) NASA tarafından geliştirilmiştir. Otuz altı farklı spektral banda sahiptir ve bantların mekânsal çözünürlüğü iki bandı 250 m, beş bandı 500 m ve yirmi dokuz bandı 1 km'dir. Görüntü boyutu 4×4 km'dir. Yeryüzünde ve atmosferde meydana gelen değişimleri gözlemleyerek veriler halinde sunmaktadır. Aynı zamanda klorofil yoğunluğu, orman yangını, radyasyon bütçe değişiklerinde, KIA çalışmaları gibi kullanım alanlarına sahiptir.



Şekil 1.3. ASTER – MODIS Uydusu

CERES (Clouds and Earth's Radiant Energy System) Dünyanın radiant akısını ölçmektedir. Radiant akısı ölçümlemesi dışında bulutların gözlemlenmesinde de kullanılmaktadır.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Amerika Birleşik Devleti'ne ait bir uydudur. Yeryüzünü gözlemlemek üzere fırlatılmıştır. AVHRR (Advanced Very High Resulation Radiometer) sensörüne sahiptir. İlk olarak TIROS uydusu (1978) ve ardından NOAA (1981) serisi ile devam eden uydulardan oluşmaktadır. Günümüzde NOAA uydu serilerinin sonuncusu NOAA-19 ve 2009 yılında fırlatılmıştır. AVHRR beş banda sahiptir. Bantların mekânsal çözünürlükleri yaklaşık olarak 1.1 km ve şerit alanı 2399 km genişliğindedir. NOAA dünyanın çevresini 14 defa dolaşmasına rağmen aynı alanı günde iki defa gözlemlemektedir. Bulut kaplama alanı, bitki örtüsü indeksi, yüzey sıcaklığı gibi birçok alanda kullanıma sahiptir.

1.6.6. Yüzey Sıcaklığı Belirleme Yöntemleri

YYS, yeryüzündeki sıcaklık değişimidir. Yeryüzünün ışınımsal cildi şeklinde ifade edilebilir. Denklemler yardımıyla hesaplanarak elde edilen görüntülerin sayısal veriler halinde sunulmasıdır (Polat, 2020). Diğer bir ifade ile yer yüzeyindeki kara cisimlerin mevcut enerjilerinin gözlem uydularının farklı açı ve konumlarından yararlanılarak ölçülen sıcaklık değeridir. YYS, jeotermal alanların belirlenmesi, ziraat, volkanizma, orman yangını, KIA vb. birçok çalışmada kullanılabilmektedir. Birçok araştırmacı tarafından YYS'i hesaplamak için farklı algoritmalar geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanılanları RT Denklemi, TK, TP, Çok Açılı, Çok Kanal yöntemleridir.

Tek Kanallı Denklemler

Tek kanallı yöntemler içerisinde TK Denklemi (Single Channel (SC)) ve TP Denklemi (Mono Window (MW) yer almaktadır. Atmosferik profil etkilerinin en az olduğu ısıl spektrumun 8-13 μm atmosferik penceresinde, tek bir kanalda uydu sensörü tarafından ölçülen parlaklık kullanılmaktadır

Tek kanal denklemlerinin daha iyi sonuçlar vermesi için iyi bir LSE ve yüksek kalitede nem, sıcaklık ve basınç değerleri verilerinin kullanıldığı MODTRAN, LOWTRAN ışınımsal transfer kodlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Radyatif Transfer Denklemi (The Radiative Transfer Equation Method)

YYS değerinin hesaplanması RTE denkleminin tersi işlem yapılarak kanalda ölçülen ışıltı değerinden alınmaktadır. Bir uydu sisteminin üzerinde bulunan termal sensörün görüş hattı boyunca Dünya'dan ve atmosferden gelen radyasyonu ölçümlemesi ile "denklem 1.4" oluşturulmuştur.

$$L_\lambda{}^{sen} = \left[\varepsilon B_\lambda\,(T_s) + (1-\varepsilon)L_\lambda{}^{\downarrow}\right]\tau + L_\lambda{}^{\uparrow} \qquad (1.4)$$

Burada $L_\lambda{}^{sen}$, sensördeki top of atmospheric (TOA) radiance veya sensördeki parlaklıktır. ε, arazi yüzeyindeki yayınırlık değeridir. $B_\lambda\,(T_s)$, Plank yasası tarafından kara cisim ışıltısıdır. τ, toplam atmosferik geçirgenlik (total atmospheric transmissivity), $L_\lambda{}^{\downarrow}$, aşağı doğru atmosferik parlaklık (downwelling atmospheric radiance), $L_\lambda{}^{\uparrow}$, yukarı doğru atmosferik parlaklık (downwelling atmospheric radiance)'tır. MODTRAN, LOWTRAN gibi ışınım aktarım kodları kullanılarak τ, $L_\lambda{}^{\downarrow}$, $L_\lambda{}^{\uparrow}$ değerlerine ulaşılabilir. Burada T_s değerine denklem T_s ye göre ters çevrilerek bulunmaktadır. Ters çevrildiğinde Denklem 1.5'deki gibi olmaktadır.

$$B_\lambda\,(T_s) = \frac{L_\lambda{}^{sen} - L_\lambda{}^{\uparrow} - \tau\,(1-\varepsilon)L_\lambda{}^{\downarrow}}{\tau \times \varepsilon} \qquad (1.5)$$

Tek Pencere (Mono Window) Denklemi

TK denklemi Landsat 5 TM görüntüsü kullanılarak Qin vd., (2001) tarafından önerilmiştir. Aşağı yükselen ışınım ve yukarı yükselen ışınım değerleri yerine ortalama atmosferik sıcaklık değerini (T_a) eklemiştir.

$$T_s = \frac{\{a(1-C-D)+[b(1-C-D)+C+D]T-D.T_a\}}{C} \quad (1.6)$$

Burada $C = \varepsilon \times \tau$, $D = (1-\tau)[1+(1-\varepsilon)\times\tau]$ a= -67.355351, b= 0.458606 ve T_a ortalama atmosferik sıcaklığı temsil etmektedir.

Ortalama atmosferik sıcaklık değeri 4 farklı bölgeye göre ayrı denklemler oluşturulmuştur. Araştırmacı çalıştığı bölgenin durumuna göre denklemi belirlemelidir.

Tablo 1.4.

Bölgelere Göre Ortalama Atmosferik Sıcaklık (Ta) İlişkisi

Bölge	***Ortalama Atmosferik Sıcaklık (T_a)***
USA (Amerika Birleşik Devletleri)	$25{,}9396 + 0{,}88045 \times T_0$
Tropikal	$17{,}9769 + 0{,}91715 \times T_0$
Orta-Meridyen Yaz	$16{,}0110 + 0{,}92621 \times T_0$
Orta-Meridyen Kış	$19{,}2704 + 0{,}91118 \times T_0$

Tek Kanal (Single Channel) Denklemi

Jimenez - Munoz ve Sobrino'nun 2008 yılında geliştirdiği "Denklem 1.7' e göre" tek bir termal bant kullanılarak YYS hesaplanması için geliştirilmiştir (Jimenez - Munoz ve Sobrino, 2008).

$$T_s = \gamma[(\psi_1 \times L_{sen}) + \psi_2)/\varepsilon + \psi_3] + \delta \quad (1.7)$$

Bu denklemde T_s; yer yüzey sıcaklığı değerini (K), L_{sen}; algılayıcıdaki ışınım (Wm^{-2} $sr^{-1}\mu m^{-1}$) değeri, ψ_1, ψ_2, ψ_3 atmosferik fonksiyonlar, γ, δ iki parametredir.

$$\gamma \approx \frac{T^2}{b_\gamma L_{sen}} \quad (1.8)$$

$$\delta \approx T - \frac{T^2}{b_\gamma} \quad (1.9)$$

T; Parlaklık sıcaklığı değerini, b_γ; değeri Landsat 5 ve Landsat 8 için 1256 ve 1320 değerlerini almaktadır. Atmosferik fonksiyoneller "Denklem 1.10, 1.11 ve 1.12'de" gösterilmektedir.

$$\psi_1 = \frac{1}{\tau} \quad (1.10)$$

$$\psi_2 = -L_\lambda{}^{\downarrow} - \frac{L_\lambda{}^{\uparrow}}{\tau} \quad (1.11)$$

$$\psi_3 = L_\lambda{}^{\downarrow} \quad (1.12)$$

Bölünmüş Pencere (Split Window) Denklemi

Çok Kanallı yöntemler ısıl spektrumun 8 ile 13 μm atmosferik penceresinde bulunan iki farklı termal bant kullanmaktadır. Her biri farklı miktarlarda atmosferik soğurulmadan etkilenen iki farklı dalga boyunun eş zamanlı ölçümü ile parlaklık değerleri arasındaki belirli bir kombinasyona sahip olması ile oluşturulmuştur. İlk olarak McMillin (1975) tarafından okyanus üzerindeki bir çalışmasında önerilmiştir (McMillin, 1975; Li vd., 2013).

$$Ts = T_i + c_1 \times (T_i - T_j) + c_2 \times (T_i - T_j)^2 + c_0 + (c_3 + c_4 \times w) \times (1 - \varepsilon) + (c_5 + c_6 \times w) \times \Delta\varepsilon \quad (1.13)$$

Burada T_i ve T_j her bir bant değeri için hesaplanan parlaklık sıcaklıkları Kelvin (K) cinsinden, ε ortalama yayınırlık, $\varepsilon = 0.5 \times (\varepsilon_i + \varepsilon_j)$, Δε yayınırlık farkı, $\Delta\varepsilon = (\varepsilon_i - \varepsilon_j)$, w toplam atmosferik su buharı içeriği (g×cm^{-2}) ve c_0'dan c_6'ya kadar olan SW için belirlenen sabit değerler.

Çok kanal denklemlerinin daha iyi sonuçlar vermesi için iyi bir LSE ve yüksek kalitede nem, sıcaklık ve basınç değerleri verilerinin kullanıldığı MODTRAN, LOWTRAN ışınımsal transfer kodlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Çok Açılı (Multi Angle) Yöntemler

Belirli bir kanalda aynı nesneye farklı bakış açılarından kaynaklanan farklı yol uzunluklarının atmosferik soğurulmasına dayanmaktadır. Çok açılı yöntemlerin tek açılı yöntemlere göre avantajı, yer yüzeyi spektral özellikleri için varsayımsal değerlere ihtiyaç duymamasıdır. Bu yüzden herhangi bir yüzey üzerinden hesaplamalar yapılabilmektedir. POLDER (Directionality of the Earth's Reflectances), MISR (Multiangle Imaging Spectroradiometer), AATSR (Advanced Along-Track Scanning Radiometer) ve ATSR-2 (Along-Track Scanning Radiometer) çok açılı modda çalışan algılayıcılardır. ATSR dünya yüzeyindeki aynı bölgenin yaklaşık 2 dk içerisinde farklı iki açıda ölçümlemektedir. Bu görüş açıları 0° ile 21.6° arasındaki en düşük zenit açışı ve 52° ile 55° arasındaki zenit açışı ile görüntülenmektedir. Çok açılı yöntemler Çok kanallı yöntemlere göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Fakat pratik olarak zor bir yöntemdir.

$$LST = T_n + p_1 \times (T_n - T_f) + p_2 + p_3 \times (1 - \varepsilon_n) + p_4 \times (\varepsilon_n - \varepsilon_f) \quad (1.14)$$

P_k (1,2,3,…) katsayıları nadir ve ileri bakış açısındaki atmosferik geçirgenlik ve ortalama hava sıcaklığı ile ilgilidir. T_n ve T_f ileri bakış açışı konumunda ölçülen parlaklık sıcaklığıdır. ε_n nadir açışında ve ε_f bakıştaki yayınırlık değeridir.

Çok Kanallı (Multichannel) Denklemler

Çok kanallı denklemler YYS ve yer yüzey yayınırlığı ile MODIS, ASTER, AVHRR ve Landsat 8 uydu görüntülerinin termal kızılötesi bantları kullanılarak hesaplanabilmektedir.

Sıcaklık Yayınırlık Ayrım Algoritması ((TES) Temperature-Emissivity Seperation Algorithm)

ASTER sensörünün beş adet LWIR bantları için Gillespie vd. (1998) de TES algoritmasını oluşturmuşlardır. TES algoritması hem multispektral hemde hiperspektral veri için geçerlidir. TES algoritmasının üç farklı denklemden oluşmaktadır. NEM (Normalized Emissivity Method), Ortalama Modülü ve MMD (Minimum-Maksimum Difference)'dır.

NEM, yayınırlık için maksimum değeri temel alarak sıcaklık ve yayınırlık tahmini verir. Ortalama Modülü, NEM yayınırlıklarının kendi ortalamaları ile oranlayarak sıcaklık ve yayınırlık tahmini verir. 1992 yılında Watson tarafından ortaya atılmıştır.

$$\beta_{j\ or\ \lambda} = \frac{\varepsilon_{j\ or\ \lambda}}{\left(\frac{1}{k}\right)\Sigma_{j\ or\ \lambda=1}^{k} \times \varepsilon_{j\ or\ \lambda}} \tag{1.15}$$

MMD modülü "Denklem 1.16'da" gösterilen denklem ile hesaplanır.

$$MMD = \max(\beta_{j\ or\ \lambda}) - \min(\beta_{j\ or\ \lambda}) \tag{1.16}$$

$$\varepsilon_{min} = r \times s \times MMD' \tag{1.17}$$

"Denklem 1.16 ve Denklem 1.17", ASTER bantları için r=0.994, s=0.687, z=0.737 ile j bandı λ dalga boyunu ve k ise bant sayısını gösterir.

Gece ve Gündüz Sıcaklığından Bağımsız Spektral Endekslere (TISI) Dayalı Yöntem

Becker ve Li (1990) MIR kanalı ile TIR kanallarından yararlanılarak gece ve gündüz farklı iki zamanda aynı bölgelerin salınım gücünden faydalanma temeline dayanmaktadır. Fiziksel temel olması ile yüzey hakkında bir önbilgi sahibi olmasını gerektirmez. Bu yüzden spektral dinamiği güçlü olan her yüzeye uygulanabilmektedir.

$$\varepsilon_r(\theta) = \frac{1 - R_r^D{}_{TOTAL} - R_r^N \times \left(\frac{R_i^D}{R_i^N}\right)^{\frac{n_r}{n_i}} \times \left(\frac{c_r^D}{c_r^N}\right) \times \left(\frac{c_i^N}{c_i^D}\right)^{\frac{n_r}{n_i}} \times \left(\frac{a_r^D}{a_r^D}\right) \times \left(\frac{a_r^N}{a_r^D}\right)^{\frac{n_r}{n_i}}}{\frac{1}{\pi} \times f_r(\theta, \theta_{sun}, \emptyset) \times E_{sun}} \tag{1.18}$$

"Denklem 1.18'de" a_k ve n_k YYS'nin bir aralığı için kanal-özel katsayısı, C_k (i,j,r) bir piksel ve kanal özel değişkeni, f_r $(\theta,\theta_{sun},\emptyset)$ yüzey açısal form faktörü ve N gece zamanını gösterir. $R^D_{r\ TOTAL}, R^N_r, R^D_i, R^N_i$ değerleri, atmosferik etkileri giderilmiş uydu verilerinden elde edilir.

NDVI^{THM} Method (Normalize Edilmiş Bitki İndisi Eşikleme Yöntemi)

Bu yöntem Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü Fark İndisi (NDVI) ile Termal bantların ilişkisine göre türetilmiştir. NDVI^{THM} yöntemi TISI methodu ile karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. NDVI hesaplama "Denklem 1.19'de" gösterilmiştir.

$$NDVI = \frac{p_{NIR} - p_{RED}}{p_{NIR} + p_{RED}} \quad (1.19)$$

NDVI değerleri hesaplanırken yakın kızıl ötesi ve kırmızı bantlarının yansıma değerleri kullanılır. "Denklem 1.19" için p_{NIR} yakın kızıl ötesi bandının yansıma değeri, p_{RED} kırmızı bandın yansıma değeridir.0.2 ≤ NDVI ≤ 0.5 ise;

$$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) + d\varepsilon \quad (1.20)$$

"Denklem 1.20" için ε_v (bitki örtüsü yer yüzeyi yayınırlığı) ve ε_s (toprak için yer yüzeyi yayınırlığı) değerleri 0.5 ve 0.2 ortalama değerleri alınmıştır. $d\varepsilon$ ise doğal yüzeylerin geometrisinden kaynaklanan etkileri göstermektedir. P_v ise bitki oranını ifade etmektedir (Sobrino vd., 2008).

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}\right)^2 \quad (1.21)$$

$$\varepsilon = m P_v + n \quad (1.22)$$

$$m = \varepsilon_v - \varepsilon_s - (1 - \varepsilon_s) F_{\varepsilon v} \quad (1.23)$$

$$n = \varepsilon_s + (1 - \varepsilon_s) F_{\varepsilon v} \quad (1.24)$$

$$\varepsilon = 0.004 P_v + 0.986 \quad (1.25)$$

Yayınırlık değeri elde etmek için NDVI değerleri 3 farklı gruba ayırmıştır.

Tablo 1.5.

NDVI ile Yer Yüzey Yayınırlığı İlişkisi *(Sobrino, 2008)*

Numara	NDVI	Yer Yüzeyi Yayınırlığı (ε)
1	*NDVI < 0.2*	$0.979 - 0{,}035 \times \rho_R$
2	*0.5 > NDVI > 0.2*	$0.004 \times P_v + 0.986$
3	*NDVI > 0.5*	*0.99*

NDVI< 0.2 durumunda piksel çıplak toprak olarak nitelendirilir. 0.2< NDVI< 0.5 durumunda piksel çıplak toprak ve bitki örtüsü ile karışık yapıdadır. NDVI> 0.5 durumunda ise piksel tamamen bitki örtüsüyle kaplı olarak nitelendirilir.

İKİNCİ BÖLÜM
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Önceki Çalışmalar

KIA kavramını ilk olarak Luke Howard 1810'lu yıllarda gerçekleştirdiği "The Climate of London" adlı çalışmasında belirtmiştir. Kent alanlarındaki insan faaliyetlerinin, çevresindeki kırsal alanlara göre sıcaklık değişimlerine sebep olduğu sonucuna varmıştır. Bu sıcaklık değişimini KIA olarak tanımlamamış olsa KIA çalışmaları için öncü bir nitelik taşımaktadır. Londra kentinde yapılan bu çalışmadan etkilenen araştırmacılar genelde Avrupa kentleri başta olmak üzere çalışmalarda bulunmuşlardır. Diğer bölgelerde çalışmaların yapılamama sebebi ise araştırmayı oluşturacak verilerin yeterli olmamasıdır. KIA etkilerinin incelenmesinde uzunca bir süre sabit termometreler bisiklet, motosiklet, araba ya da araçlara monte edilmiş termometreler sayesinde ölçümlenerek incelenmiştir (Chandler, 1970; Oke, 1974). Termal UA teknolojisinin gelişi ile birlikte KIA çalışmaları uzaktan gözlemlenmesi ve uçak platformlarının kullanılmasını mümkün hale getirmiştir. Uydu görüntülerinin kent ısı çalışmalarına veri kaynağı sunması, KIA etkilerinin gözlemlenmesi ve nedenlerinin araştırılması için yeni yollar sağlanmıştır. UA teknolojisini ilk kez Rao 1972 yılında Remote Sensing of Urban Heat Island from an Environmental Satellite" adlı çalışmasında YYS verileri kullanarak KIA kavramı hakkında değerlendirmelerde bulunmuştur. Rao'nun yapmış olduğu bu çalışma hem YYS hem de KIA çalışmalarında dikkati üzerine çekmiştir. UA teknolojileri ile KIA etkisinin belirlenebileceği kanısına varan araştırmacılar sadece Avrupa kentleri değil Afrika, Amerika, Üst enlemler ve Ekvatoral bölgelerde çalışmalarda bulunmuşlardır. 1992 yılında Kim tarafından "Urban Heat Island" adlı çalışmasında Washington eyaletinin DC metropolünde Landsat 5 uydu görüntüleri kullanarak yaz aylarında kent alanlarının orman alanlarına göre 10°C daha sıcak olduğunu ortaya koymuştur. Simwanda ve diğerleri 2019 yılında "Spatial Analysis of Surface Urban Heat Islands in Four Rapidly Growing African Cities" adlı çalışmasında Afrika kentlerindeki çalışmaların yetersiz olmasından yakınarak Lagos (Nigerya), Nairobi (Kenya), Addis Ababa (Etiyopya) ve Lusaka (Zambiya) kentlerinde geçirimsiz yüzey ve yeşil alanların YYS ile olan ilişkisini incelemişlerdir. Afrika kentlerinin çoğunda kentsel

alanların etkilerinin dışında olan yeşil alanların geçirimsiz yüzeylere oranla daha büyük alanlara sahip olmasına rağmen KIA etkisinin belirgin bir şekilde görüldüğü görülmekte olduğunu ortaya koymuştur (Kim, 1992). Miles ve Esau 2020 yılında yapmış oldukları "Surface Urban Heat Island in 57 Cities Across Different Climates in Norhern Fennoscandia" adlı çalışmasında yüksek enlemlerde bulunan Fennoscandia bölgesinin kuzeyinde bulunan 57 şehirde kentsel iklim olgusunu anlamak, Kuzey Kutbu'nun ısınmasını hızlandıran süreçleri gözlemlemek üzere MODIS uydu görüntüleri kullanılmıştır. MODIS verileri kullanılarak YYS değeri hesaplanmış ve istatiksel analizi yapılmıştır. Çalışmada şehirlerin çoğunda yaz ve kış mevsimlerinde güçlü ve kalıcı KIA etkisine rastlanmıştır. KIA etkisi şehirlerarasında farklılıklar göstermektedir. Bunun nedeni ise sosyoekonomik farklılıklar ve biyoklimatik özellik olduğunu belirtilmiştir. SUHII, 0°C ile 5°C olduğu görülmüştür. Kentsel gelişmenin görüldüğü alanlarda kentsel sıcaklık değerlerinin arttığı görülmektedir.Kentsel gelişimin yoğun olduğu Murmansk ve Oulu şehirleri için SUHII 3° ile 5° derece gözlemlenmiştir. Bu yüzden küresel ısınma aktivitelerinin değerlendirilmesinde büyümekte olan kentlerdeki sıcaklık değişimlerinin incelenmesi ile tahmin edilebilmektedir. Şehir düzenini düzgün şekilde oturtmuş kentlerde ise KIA etkilerine rastlanmayabilmektedir. Bunun nedeni kentsel altyapının uzun dalga radyasyonunu geciktirme kabiliyetini arttırmaması ve insan kaynaklı ısı girdilerinin sabit kalmasıdır (Miles ve Esau, 2020). 2008 yılında Jones ve diğerinin "Urbanization Effects in Large-Scale Temperature Records, with an Emphasis on China" adlı araştırmada Londra ve Viyana kentlerindeki yüzey sıcaklıkları üzerindeki etkilerinin değişmediği için ısınma değişimlerine katkı sağlamadığı görülmüştür. 2009 yılında Jones ve diğerlerinin Londra'da bulunan Heathrow Havalanın çevresindeki banliyo ve kırsal alanlara göre ısınmaya devam ettiği sonucuna ulaşılmıştır (Jones vd., 2009). Bunun yanı sıra KIA'nın olumsuz etkileri ile ilgili çalışmalarda yapılmıştır. 2012 yılında Kolokotroni ve diğerleri "London's Urban Heat Island: Impact on Current and Future Energy Consumption in Office Buildings" adlı çalışmasında bir ofis binasının şu anda ve gelecekteki ısıtılması ve soğutulması için harcanan emisyonlar ile enerji tüketimi ve CO_2 üzerinde çıkarımda bulunmuşlardır. Sonuçlar da şimdiki yıldan gelecek yıllara ısıtma yükünün azaldığı, soğutma yükünün ve aşırı ısınma saatlerinin arttığı görülmüştür. İç ısı kazanımlarının enerji performansını büyük oranda etkileyerek önemli bir faktör olduğu görülmüştür. Bunlar ile birlikte gelecekte ısınma artacağından dolayı daha fazla binanın soğutulmasına ihtiyaç duyulacaktır ve bunu beş kat CO_2 artışına sebep olacağı görülmüştür (Koloktroni vd., 2012). Bornstein ve Lin 2000 yılında "Urban Heat Island and Summertime

Convective Thunderstorms ins Atlanda: Three Case Studies" adlı çalışmasında farklı günlerde meydana gelen altı yağış olayının analizini yapmıştır. Günün farklı saatlerinde meydana gelen üç fırtınayı başlatan bölgenin KIA alanında olduğunu ortaya koymuşlardır. Hareket halinde bulunan gök gürültülü fırtınaların binalardan oluşturduğu etkilerden dolayı ikiye ayrılma ve şehrin etrafından hareket etme eğilimi içerisine girmiştir. (Bornstein ve Lin, 2000). Deilami ve diğerleri 2018 yılında "Urban Heat Island Effect:A Systematic Review of Spatio-Temporal Factors, Data, Methods, and Mitigation Measures" adlı makalesinde KIA'yı etkileyen yaygın faktörlerin arasında bitki örtüsünün % 44, mevsimin % 33, yerleşim alanın % 28, gece ve gündüzün % 25, nüfus yoğunluğunun % 14 ve su alanlarının % 12 etkilediği sonucunu ortaya koymuştur (Deilami vd., 2018). Tan ve diğ. 2010 yılında "The Urban Heat Island and Its Impact on Heat Wave and Human Health in Shanghai" adlı çalışmasında Şanghay kentindeki kentsel ısı adasının sağlık üzerindeki etkilerini araştırılmıştır. 1975 ile 2004 yılları arasındaki meteoroloji istasyonu verileri ve 1998 ile 2004 yılları arasındaki günlük tüm nedenlere bağlı ölüm sayıları incelenmiştir. Bilgiler dâhilinde kentsel bölgelerde kırsal bölgelere göre daha sıcak günlere ve ısı dalgalarının oluştuğu görülmüştür. Buna karşılık kentsel bölgeler de ısıya bağlı ölüm oranlarının arttığı görülmektedir. KIA'nın doğrudan sorumlu olduğu ve aşırı termal koşullara maruz kalmanın olumsuz sağlık sorunlarını oluşturduğu sonucu ortaya konmuştur. KIA etkisine hangi faktörlerin neden olduğunu bilmek önemlidir. Fakat bu faktörlere uygun müdahaleler geliştirmek ve etkisini azaltmak için de çalışmalar yapılmıştır (Tan vd., 2010). Susca ve diğerlerinin 2011 yılında "Positive Effects of Vegetation: Urban Heat Island and Green Roofs" adlı makalesinde bitki örtüsünün olumlu etkilerinin çok ölçekli olarak değerlendirmeye alınmıştır. New York şehrinin dört bölgesindeki KIA etkisi incelenerek insan yapımı yapı malzemeleri bitki örtüsü elemanı ile değiştirilerek 2°C sıcaklık farkı değişimi görülmüştür. Üç farklı çatı renginin ele alındığı çalışmada hem beyaz hem de yeşil çatıların siyah çatılara oranla daha az etkili olmuştur. Termal direnç, bitkilerin aktivitesi ve yüzey albedosu KIA etkilerinin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır (Susca vd., 2011). Wong ve Yu 2005 yılında "Study of Green Areas and Urban Heat Island in a Tropical City" adlı çalışmasında kent alanlarındaki yeşil alanların önemini ortaya koymuştur. Singapur şehrinde kentsel ve kırsal alanlar belirgin bir sınır çizgisi olmamasına rağmen 4.01°C sıcaklık farklı gözlemlenmiştir. Sıcaklığın düşmesi ile şehirde yeşil alanların ortaya çıkmasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Wong ve Yu., 2005). Kleerekoper ve diğerleri 2012 yılında "How to Make a City Climate-Proof, Addressing the Urban Heat

Island Effect" adlı çalışmasında Hollanda da bulunan Ondiep ve Transvaal için tasarım planları oluşturarak KIA etkisini azaltmayı hedeflemiştir. Isı birikimine karşı sosyal, fiziksel ve ekonomik durumu iyileştirici önlemler alınarak oluşturulmuştur. Yeşil bitki örtüsünün sadece soğutma etkisine sahip değil ayrıca insan ruhu için de olumlu etkiye sahiptir. Yeşil bitki örtüsü oksijen üretir ve havadaki parçacık maddeleri ve ozonu filtreler. Şehirlerde yeşil yolların artması bisiklet kullanımı teşvik edebilir, yeşil yaşam alanları oluşturmak şehri daha çekici hale getirir ve imajını geliştirir (Kleerekoper vd., 2012). Ülkemizde de KIA çalışmalarına yer verilmiştir. Çiçek ve Doğan 2005 yılında "Ankara'da Şehir Isı Adasının İncelenmesi" adlı çalışmasında Ankara kentindeki şehrin farklı bölgelerini yansıtan yedi adet istasyonun sıcaklık değerleri Oke'nin 1979 yılında ortaya sunduğu KIA formülün kullanılarak KIA verileri oluşturulmuştur. Sonuçlarda gece gündüz, rüzgâr hızı, nüfus, arazi örtüsünün KIA etkilerinde değişimler oluşturduğu görülmüştür (Çiçek ve Doğan, 2005). Yüksel ve Yılmaz 2008 yılında "Ankara Kentinde Kentsel Isı Adası Etkisinin Yaz Aylarında UA ve Meteorolojik Gözlemlere Dayalı Olarak Saptanması ve Değerlendirilmesi" adlı çalışmasında 1985 ile 2002 yılları arasında Ankara'daki kentleşmenin iklim parametlerinde değişimlerin meydana getirdiği gözlemlenmiştir. Farklı arazi örtüsü ve farklı yüzey sıcaklığına sahip 3 alanda (Migros, Bahçelievler, Anıtkabir) yapı yoğunluğu, yeşil alan ve meteorolojik parametreler arasında ilişkiler ortaya çıkarılmıştır. Sonuç olarak Ankara kentinde kentsel ısı adası etkisinin oluşumunun engellenmesi ya da etkilerinin azaltılması için alınabilecek önlemler belirtilmiştir (Yüksel ve Yılmaz, 2008). Yalçın ve Yetemen 2009 yılında "Local Warming of Groundwaters Caused by the Urban Heat Island Effect in İstanbul", Turkey adlı çalışmasında kentleşme ile birlikte yer altı ve yer üstü sularında sıcaklık değişimlerinin meydana geldiğini belirtmişlerdir. İstanbul ilinin kuzey ve güney yakasındaki yeraltı sularının sıcaklık değişimlerinin incelendiği çalışmada, kentsel alandaki yeraltı suyu sıcaklık değerlerinin kırsal alanlara göre 3.5°C sıcak olduğu görülmüştür. İstanbul için kent alanlarında bulunan ısı pompalarında yeraltı sularının sıcaklığının kullanılmasının, ısı pompası verimini arttıracağı ve kırsal alan suyuna göre daha fazla termal enerji üretilebileceğini belirtmişlerdir. Bu sistem sadece İstanbul ili için yapılabilir olduğunu da vurgulamıştır (Yalçın ve Yetemen, 2009). Gerçek ve Bayraktar'ın 2014 yılında "Kentsel Isı Adası Etkisinin Uzaktan Algılama ile Tespiti ve Değerlendirilmesi: İzmit Kenti Örneği" adlı makalesinde Landsat 8, ETM ve MODIS uydu görüntüleri kullanılarak son yıllardaki İzmit ilindeki KIA etkileri analiz edilmiştir. YYS, Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü Fark İndeksi (NDVI), Normalize Edilmiş Geçirimsiz Fark İndeksi (NDISI) ile arasındaki ilişkiler

incelenmiştir. Yüzey sıcaklığı ile NDVI arasında negatif, NDISI ile pozitif korelasyon gözlemlenmiştir. Kırsal alanlar, kent alanlarına göre daha fazla soğumaktadır. KIA etkilerinin azaltılması için kaldırımlar, yollar ve çatıların malzeme özelliklerinin renk, doku ve formları, güneşlenme ve rüzgâr alma potansiyelleri, yeşil alanların arttırılması önemlidir (Gerçek ve Bayraktar, 2014). Aykır D. 2017 yılında "Türkiyenin Ektrem Sıcaklık İndislerinin Eğilimlerinde Şehirleşmeinin Etkisi" adlı çalışmasında, 1970 ile 2012 yılları arasında 42 meteoroloji istasyonu verilerini ile RClimDex programında Mann Kendall trend analizi kullanarak 27 iklim indisi üretmiştir. İklim indislerinin incelendiği çalışmada negatif ve pozitif yönlü korelasyonlar görülmüştür. Yaz günleri indisi, Tropik Geceler indisi, Maksimum Sıcaklıkların Maksimumu indisi, Minumum sıcaklıkların Maksimum İndisi, Sıcak geceler indisi farklı indislerin tarandığı çalışmada Yaz günleri indisinde en anlamlı artış eğilimi 3.59°C ile Sakarya-Gevye kent kır çifti, en anlamlı azalma eğilimi -5.98°C ile İstanbul-Şile kent-kır çiftinde gözlemlenmiştir. Sıcak Geceler indisinde en anlamı artış eğilimi 6.27°C Sakarya-Gevye kent-kır çift ile en düşük azalma eğilimi -4.59°C Erzurum-Oltu kent-kır çiftinde gözlenmiştir. Her indis için belirlenen kent-kır çiflleri ve analizlerinin yapıldığı çalışmada genel olarak iklim değişimi sebebiyle artan sıcaklık değerleri istasyonların çoğunda yaz indisi için kent-kır çiftlerinde azalma eğilimi içerisindedir. Günlük maksimum sıcaklıklarının minumumu dünyadaki küresel sıcaklığın artışı için önemli bir veridir. 18 istasyonda anlamlı azalma yada atış görülmeme sebebi ise kentleşmenin etkilerinden kaynaklanmaktadır (Aykır, 2017). Fatih Canan 2017 yılında "Kent Geometrisine Bağlı olarak Kentsel Isı Adası Etkisinin Belirlenmesi: Konya Örneği" adlı çalışmasında Konya kentinde belirlenen 4 alanda kentsel geometrinin etkilerinin KIA'na olan etkileri incelenmiştir. Gökyüzü açıklığının düşük olduğu ve yapılaşmanın yoğun olduğu bölgelerde KIA etkilerinin en fazla KIA etkisine sahip alanları içerdiği görülmüştür. Ülkemiz içerisinde gerçekleştirilen yapılaşmalarda gökyüzü açıklığı parametrelerinin girdilerinin değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir (Canan, 2017). Yıldız ve diğerleri 2019 yılında Kentsel Mekan Farklılıklarının Isı Adası Oluşumu Etkisinin Belirlenmesi: Erzurum Kenti Örneği" adlı çalışmasında 07/08/2018 yılı Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak kentsel ısı adası etkilerini gözlemlemeyi amaçlamıştır. Çalışma içerisinde bölgenin NDBI (Normalize Edilmiş Yerleşim Farkı İndeksi), NDVI ve BU (Yerleşim İndeksi) indisleri ve YYS haritaları çıkarılmıştır. YYS ile NDVI arasındaki ilişki negatif korelasyon içerirken NDBI ve BU ile pozitif korelasyon içerdiği gözlemlenmiştir. Çalışma alanı için 26°C'nin üstünde olan alanların KIA etkilerinin gözlemlendiği bölgeler belirtilmiştir. Yapı

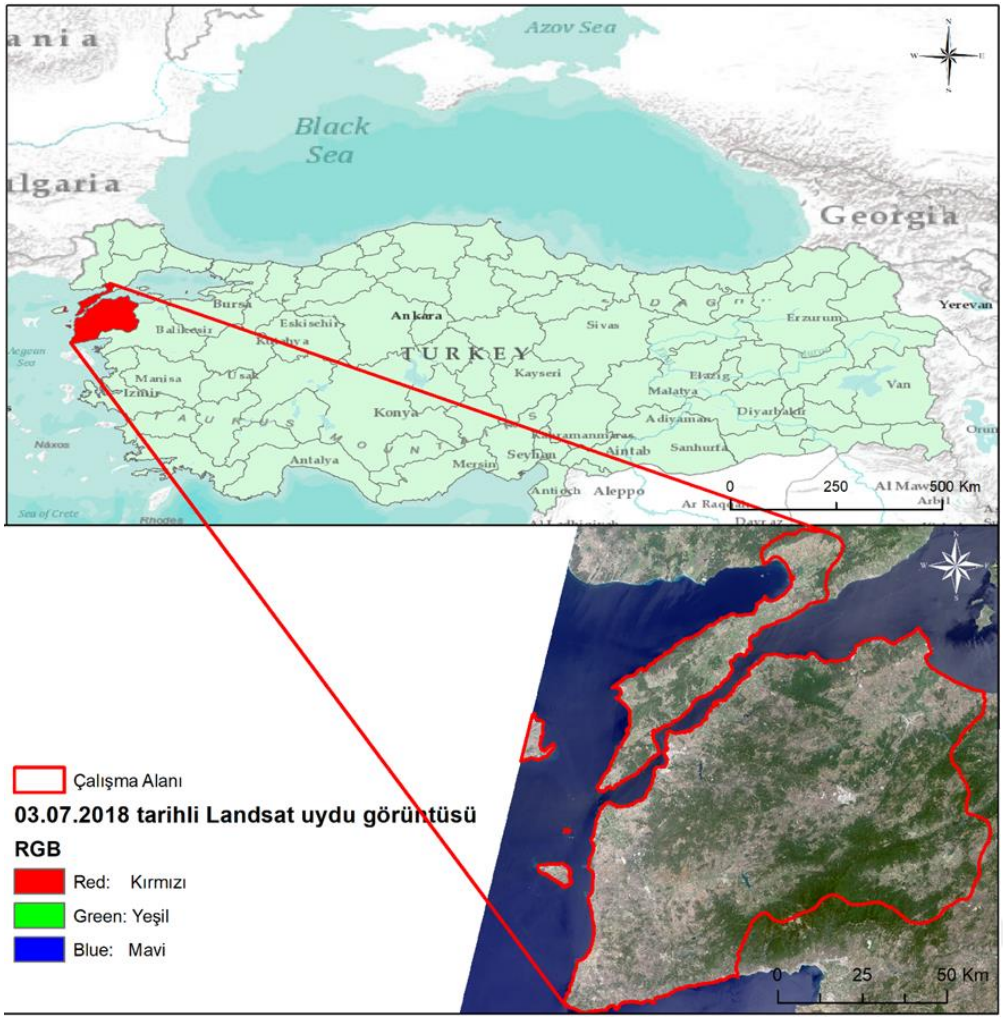
yüzeylerinin yoğun olduğu alanlarda YYS sıcaklık değerleri yüksek çıkarken, UHI alanlarını da içerdiğini görülmüştür (Yıldız vd., 2019). Erkan Yılmaz 2019 yılında "Landsat Görüntüleri ve Adana Yüzey Isı Adası" adlı çalışmasında Adana kentinde UA ve meteoroloji istasyonu verilerini kullanarak KIA ve yüzey ısı adası üzerinde veriler elde etmiştir. Kontrollü sınıflandırma yöntemi kullanılarak arazi örtüsüne göre YYS oluşturulmuştur. Yıl içindeki bitki örtüsü canlılığında değişimin incelenerek kış aylarında negatif yüzey ısı adasına, yaz aylarında ise pozitif yüzey ısı adası etkisinin gözlemlendiği görülmüştür. NDVI ile yüzey yüzey sıcaklıkları arasında negatif yönlü korelasyon ortaya konmuştur (Yılmaz, 2019).

KIA ve SUHII çalışmları ile dünyada ve ülkemizdeki literatürlerde tek kanallı denklemler ya da AC denkleminin tercih edildiği görülmektedir. Çalışma içerisinde tek kanallı ve AC denklemleri birlikte kullanılarak KIA ve SUHII çalışmalarında tek kanallı ve AC denklemi için yorum yapma beceresi sunmuştur. SUHII çalışmaları genel olarak banliyo, yeşil alan, ya da çevresindeki kırsal alanlar baz alınarak yapılmaktadır. Çalışma içerisinde kent alanı ile özdeş bakı ve yükseliğe sahip, kent merkezine en az 3 km uzaktaki ve yıllık süreç içerisinde arazi örtüsü yeşil alan olarak kalabilen alanların kırsal alan olarak seçilmesi kent alanına benzer nitelikte bölgenin seçilmesine olanak sağlamıştır. Bu şekilde yapılan SUHII değerleri kentsel özelliklerin etkilerini ortaya koyacağı düşünülmüştür. AÖK ile 4 farklı YYS denklemi arasındaki ilişkinin incelenmesi de ülkemizde yapılan çalışmlar için farklılıklar katmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
MATERYAL YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Çanakkale, hem Asya hem de Avrupa toprakları üzerinde bulanan sayılı şehirlerden biridir. Asya ve Avrupa topraklarını birbirinden ayıran Çanakkale Boğazına ev sahipliği yapmaktadır. Asya yakasında Anadolu'nun batı uzantısı olan Biga Yarımadasını, Avrupa yakasında ise Trakya topraklarının uzantısı olan Gelibolu Yarımadası bulunmaktadır. Çanakkale ilinin komşu illeri Balıkesir, Tekirdağ ve Edirne'dir. Çalışma alanı 26°00'36" - 27°56'57" doğu boylamları ve 39°21'19" - 40°50'34" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çanakkale yüzölçümüne bakıldığında 9.933 km^2'lik bir alanda bulunmaktadır. Çalışma Gökçeada ve Bozcaada'yı kapsamadığı için 9515 km^2 bir alanı kapsamaktadır.

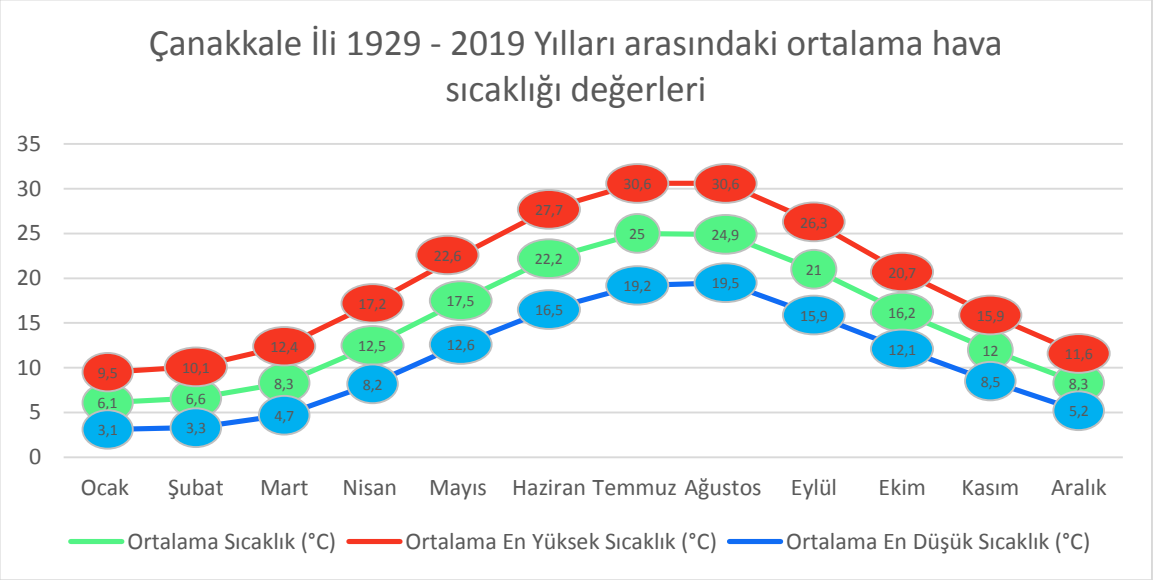


Şekil 3.1 Türkiye Siyasi Haritası ve Çalışma Alanının Gerçek Renkli Landsat 8 Görüntüsü

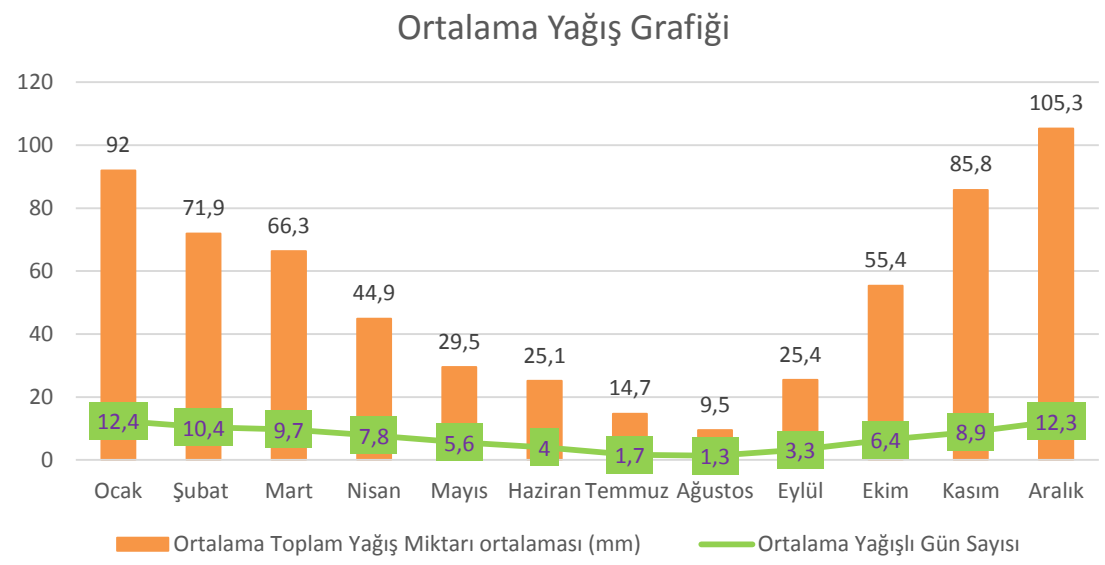
Yazın sıcaklık ve akarsuların beslenememesi sebebi ile su miktarı azalmakla birlikte ilkbahar ve sonbahar aylarında su miktarı artmaktadır. Çanakkale boğazı Avrupa ve Asya'yı ayırarak Marmara Denizini Ege Denizine bağlamaktadır. Jeopolitik konumu itibarı ile önemli olan Karadeniz'i Akdeniz'e bağlar.

İlin iklimi geçiş iklimi özellikleri taşımaktadır. Genel olarak Akdeniz iklimi taşımakla beraber Karadeniz iklimi etkisi altındadır. Güney kısımları daha çok Akdeniz iklimi hâkim iken Gelibolu Yarımadasında Balkanlardan gelen soğuk hava dalgaları nedeniyle havalar soğuk geçmektedir. Yıllık yağış miktarı 600-1200 mm arasında olmaktadır. Don olaylarına rastlanılmakta ve bu süre yılın yaklaşık bir ayına denk gelmektedir. Hava sıcaklık değerlerinin en yüksek olduğu değer 35.8°C ile Ağustos ayında görülürken en düşük sıcaklık ise Şubat ayında -4.2°C olarak ölçülmüştür. En yüksek sıcaklık değeri Agustus ayında görülmesine rağmen ortalama sıcaklıklara bakıldığında Temmuz

ayında en yüksek sıcaklık değerleri görülmektedir. Ortalama yıllık sıcaklık değeri 14.7°C, ortalama nem oranı %72.6 olarak ölçülmektedir. Genel olarak rüzgârlı olan Çanakkale ilinde en yaygın poyraz, yıldız, lodos, kıble rüzgârları esmektedir (Çanakkaleletso, 2020; Çanakkale Belediyesi, 2020; Çanakkale İSM, 2020).



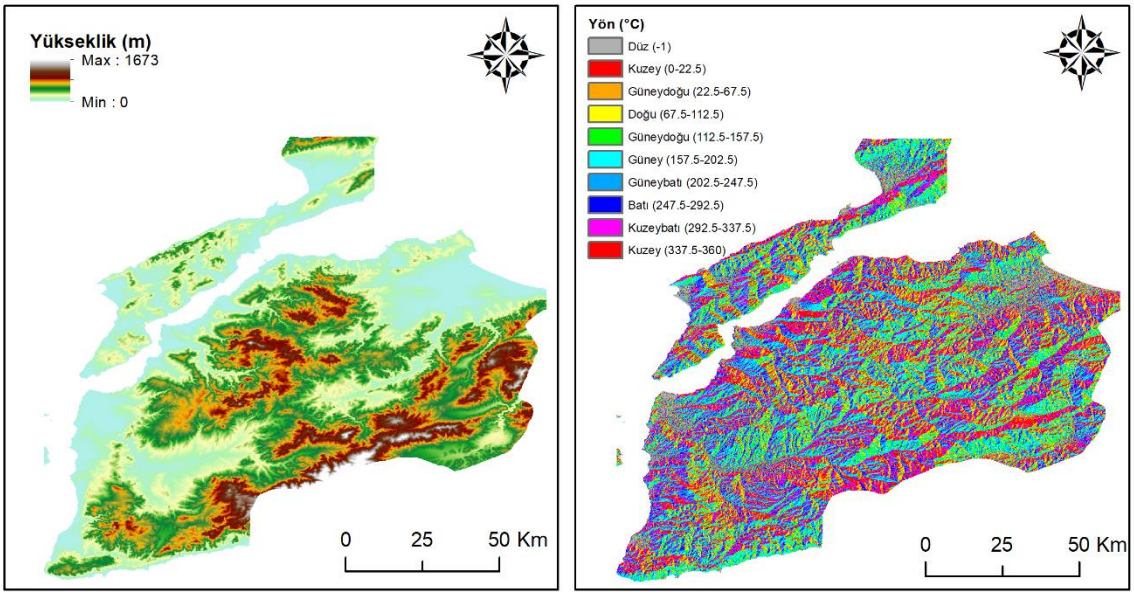
Şekil 3.2. Çanakkale İlinin Aylık Hava Sıcaklığı Gösterimi (1929-2019) *(MGM, 2019).*



Şekil 3.3. Çanakkale İlinin Aylık Ortalama Yağış Gösterimi (1929–2019) *(MGM,2019).*

Çanakkale ilinin toprakları, genel olarak dalgalıdır. Bunun nedeni dağ ve tepelerin bulunduğu bölgelerde vadilerin parçalamasıdır. En yüksek dağı 1767 metre ile hem Balıkesir'de hem de Çanakkale toprakları içerisinde bulunan Kaz dağıdır. Antik dönemde İda olarak da adlandırılmaktadır. Bölge içerinde bulunan diğer yüksek dağlar ise Gelibolu

Yarımadasında bulunan Koru dağı 726 metre yüksekliğe sahiptir. Biga bölgesinde 500 ile 1000 yüksekliğe sahip sıra dağlar bulunmaktadır. Gelibolu Yarımadasında ise Saroz Körfezine doğru yükselen 400 m'ye yaklaşan tepecikler bulunmaktadır. Geniş ovalara ya da akarsu ağızlarının civarında bulunan ovalar Çanakkale'de fazla yer kaplamamaktadır. Fakat bulunan ovalar Ezine, Bayramiç, Kumkale, Biga ve Karabiga, Agonya, Umurbey ve Sarıçay ovaları Anadolu yakasındadır. Kavak, Cumalı, Yalova, Kilye ve Piren ovaları ise Gelibolu Yarımadasında bulunmaktadır.



Şekil 3.4. Çalışma Alanı Sayısal Yükseklik Modeli (a) ve Bakı Haritası (b)

Küresel ısınma, doğal çevrenin tahribatı gibi nedenlerle ülkemiz giderek bozulmaya başlamaktadır. Ülke nüfusunun %25'i ve ülkedeki sanayinin %50 sinden fazlası kentleşme ve sanayiye teslim olmakta iken Çanakkale ili Marmara bölgesinde en az etkilenen şehirlerden olmasına rağmen 1984 ile 2019 yılları arasında yersel istasyonlardan alınan değerler incelendiğinde 2.5°C'lik şehir merkezinde bir hava sıcaklığı artışı söz konusudur (MGM, 2019)

Çanakkale ilinin ekonomisi tarıma dayalıdır. Sanayi, turizm, balıkçılık ve ormancılık gibi faaliyetlerde gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Toplamda 12 ilçeye sahiptir. Merkezden sonra en kalabalık olan ilçesi Biga'dır. 1990 sayımına göre toplam nüfus 432263 olmakla beraber 168629 kişi şehir ve ilçelerde yaşamaktadır. Son yapılan 2019 verilerine göre 542157 olan toplam nüfusun 392712 kişisi

şehir ve kent alanlarında yaşamaktadır. Kent alanlarına doğru göç olduğu görülmektedir. Çanakkale ilindeki kentsel alan nüfus yoğunluğu %39'dan %72.4 e çıkmıştır (TUİK, 2019).

Tarım ve hayvancılık alanında gayri safi yurtiçi hasılasında aldığı pay ile istihdama olan etkisi, bitki çeşitliliği ve markalaştırılmış ürünleri ile kentin birincil sektörleridir. Tarıma dayalı bir sanayi olmasındaki en önemli etkenler;

*Bitkisel üretimdeki öncü gücü

*Geniş yelpazeli tarımsal ürün varlığı

*Ülke ortalaması üzerindeki sulanabilir arazi varlığı

*Tarım sektöründeki yüksek istihdam oranı

*Su ürünleri açısından yüksek potansiyeli

*Coğrafi tescilli ürünlerdeki çeşitliliği

*Organik tarım uygulamasındaki yüksek potansiyelidir.

Tarım ve hayvancılıkta öne çıkan üretimleri Organik ürün, meyve, zeytin, sebze, su ürünleri, kanatlı hayvan, büyükbaş hayvan, küçükbaş hayvan ve arı kovanıdır. Ülke genelindeki üretimdeki başarıları ise şeftali, biber, yulaf, bakla, sorgum ve yem bezelyesinde birinci sırayı almaktadır. Meyve üretimindeki en fazla üretim sırasıyla zeytin, şeftali ve elma şeklindedir. Sebze üretiminde ise sırasıyla domates, biber yoğunluktadır. Ayrıca fasulye, lahana, patlıcan, salatalık ve marul gibi ürünlerde de üretim bulunmaktadır.

Kent turizmi de sadece denizi kumu ve güneşi ile değil doğal güzellikleri, tarihi ve kültürel değerleri ile birçok turizm faaliyetini de barındırmaktadır. Toplam kıyı uzunluğu 671 km'dir. Mavi bayrak standartlarını taşıyan 11 adet mavi bayraklı plaja sahiptir. İldeki en fazla mavi bayraklı plaj Ayvacık ilçesinde bulunmaktadır. Bozcaada ve Gökçeadaları yaz ayları için ilin tercih edilen yerleridir. Denizin doğal güzelliklerinin yanında spor aktivitelerine de yön verilmiştir. Sportif olta balıkçılığı, su altı dalışı, sörf, uçurtma sörfü gibi farklı su sporlarını deneyimle fırsatı sunulmaktadır. Antik dönemlerden günümüze de bu doğal güzelliklerin farkındalığı birçok medeniyete ev sahipliği yapmasına imkân sağlamıştır. Antik Troas bölgesi, Truva antik kenti, Assos, Parion, Alexandria Troas gibi antik kentler Çanakkale kentinde bulunan önemli kültürlerdir. Kent içinde ilgi çeken diğer yerler ise Gelibolu Mevlevihane'si, Aynalı çarşı, Çimenlik ve Kilitbahir Kaleleri, Şehitler Abidesi ve Gelibolu Yarımadasında bulunan sayısız anıt ile tarihin önemli şehirleri arasında yer

almaktadır. Kent içinde jeotermal kaynakların sıcaklıkları 23°C ile 96°C arasında değişmektedir. Tuzla, Hıdırlar, Kestanbol, Külcüler, Tepeköy, Kırkgeçit gibi doğal kaplıcalara sahiptir. Bölgede yetişen zeytinlerden elde edilen zeytinyağı gastronomi tutkunları için bir lezzet durağı haline gelmiştir. Aynı zamanda Ezine Peyniri, Bayramiç Beyazı, Bayramiç elması gibi yerel tatlar da gastronomi turizminin gelişmesinde katkı sağlamaktadır. 18 Mart Şehitleri Anma etkinliklerinin ve Çanakkale Deniz Zaferinin yıldönümü etkinliklerine ev sahip yapan Türkiye'nin her yerinden şehir konuklarını ağırlamaktadır. 24 ve 25 Nisan günlerinde gerçekleşen Anzak Günü Törenlerinde Avustralya, Yeni Zelanda ve Birleşik Krallık ve Fransa dan birçok konuğu da ağırlamaktadır.

Kent İstanbul, Bursa, İzmir, Balıkesir gibi metropol şehirlere yakınlığı, ulaşım alt yapısındaki değişim, işletmelere bölgesel imkanlar ve destek yardımları sunan çevre dostu yatırımcılar için fırsatlar sunmaktadır. Ülkemizde Asya ve Avrupa'yı birbirine bağlayan iki ulaşım yolundan birisidir. Aynı zamanda karayolu, denizyolu ve havayolu ulaşım alt yapısına da sahip olması yatırımcılara için çeşitli fırsatlar sunmaktadır. İl içinde 2 organize sanayi bölgesi, 1 gıda ihtisas organize sanayisi, 7 küçük sanayi bulunmaktadır. İşletmelerin çoğu mikro ölçekli olmasına rağmen büyük ve orta ölçekli işletmelerde bulunmaktadır (%70 mikro, %4 orta, %2 büyük ölçekli). Kentte işletmelerin imalatları, gıda ürünleri, mobilya, ağaç ürünleri, tütün ürünleri, Ana metal ürünleri, kimyasal ürünleri imalatı ürünleri şeklindedir. İlçelerdeki sanayi sayıları karşılaştırıldığımda en çok sanayi kuruluşu Biga'da bulunmaktadır. Kent ihracat alım ve satımlarını İstanbul başta olmak üzere, Ankara, Bursa, İzmir, Balıkesir ile gerçekleştirmektedir.

Yenilebilir enerji kaynakları bakımından rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyogaz enerjisi gibi birçok potansiyel enerjiye sahiptir. Ekonomik olarak rüzgâr enerjisi için uygun olan şehirde minimum değerlerde 50 metrede 7m/s rüzgâr hızı ve %35 kapasite faktörü önemli bir fiziksel coğrafyaya sahiptir.

3.2. Çalışmanın Amacı

Çalışmada Çanakkale ilinin 1984 ile 2020 yılları arasındaki her bir yıla denk gelen temmuz aylarından temin edilen 66 adet (1997, 2002, 2006, 2012 ve 2017 yılları haricinde) Landsat uydu görüntüleri kullanılarak KIA etkisi, AÖK, YYS değişimi incelenmiştir. Bu çalışmada KIA'yı tanımlayabilmek için kırsal alan kent alanı ile özdeş yükselti ve bakıya

sahip, yıllık süreç içerisinde arazi örtüsü bakımından yeşil alan ve ilçe sınırlarının yakınında olmayan alanlardan her ilçe için oluşturulmuştur. Dört farklı tek bir termal bant kullanılarak hesaplanan YYS denkleminin kullanıldığı çalışmada AC, atmosferik etkenleri (yükselen ışınım, alçalan ışınım ve atmosferik geçirgenlik) kullanmadan karacisim ışıma sabitini kullanmaktadır. TK ve Işınım Transfer Denklemleri atmosferik etkenleri kullanmaktadır. TP denklemi ise atmosferik etkenlerden sadece atmosferik geçirgenliği ayrıca hava sıcaklık değerine ihtiyaç duymaktadır. YYS hesaplamaları uydu görüntüleri özdeş zaman aralıklarını içeren 15 farklı meteoroloji istasyonundan alınan hava sıcaklık değerleri ile kıyaslanmıştır. Çanakkale bölgesindeki arazi kullanımı ve değişiminin belirlenmesi için kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden DVM kullanılarak kent, orman, yeşil ve çıplak arazi ve olmak üzere dört farklı sınıflandırmaya ayrılmıştır. Sınıflandırmalardan oluşturulan alanlar özdeş tarihli YYS değerleri ile ilişkilendirilmiştir. Sınıflandırmaların doğrulukları kappa analizi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın aşamaları 1) Dört farklı YYS denklemleri ile YYS değerlerinin elde edilmesi, 2) Oluşturulan YYS değerlerinin özdeş tarihli hava sıcaklık değerleri ile karşılaştırılarak en uygun yöntemin kök karesel hata (RMSE) ve korelasyon-regresyon analizi ile belirlenmesi, 3) Arazi örtüsü ve değişiminin sınıflarının alansal olarak analizi, 4) Arazi sınıflarının YYS değerleri ile ilişkilendirilerek sınıflar arası YYS değeri ilişkisinin değerlendirilmesi, 5) KIA alanlarının belirlenmesi, 6) SUHII'nin yıllık süreç içerisindeki etkisinin belirlenmesidir.

3.3. Veriler

3.3.1. Uzaktan Algılama Verileri

Bu çalışmada 1984 ile 2020 yılları arasındaki Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çanakkale ilinin en sıcak olduğu ay olan temmuz ayı görüntülerinin her yılı için United States Geological Survey (USGS)'den ücretsiz olarak temin edilmiştir. 2002, 2006, 2012 ve 2017 yıllarındaki görüntülerin bulutluluk oranlarının yüksek olması nedeniyle belirtilen tarihteki yılların verileri oluşturulamamıştır. Landsat 5 TM uydu görüntüsünde bir adet termal ve yedi adet multispektral bandları içermektedir. Termal görüntüsü 120 m mekânsal çözünürlüğe, Multispektral bantları ise 30 m mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsünde ise iki adet termal bant, sekiz adet multispektral bant ve bir adet pankromatik bant bulunmaktadır. Termal bant görüntüleri 100 m, multispektral bantlar ise 30 m ve pankromatik band ise 15 m mekânsal çözünürlüğe

sahiptir. Çalışma alanını oluşturabilmek için aynı tarihlere sahip iki farklı uydu görüntüsü 181/32 ve 181/33 rota/sıra görüntülerinin mozaik birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Yeryüzünün topografik haritasının çıkarılması amacıyla NASA (Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi), METI (Japonya Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı) tarafından beraber yürütülen çalışmada ASTER uydusu kullanılarak hazırlanan 30 m mekânsal çözünürlüğe sahip (GDEM) Global Digital Elevation Model 3 kullanılmıştır. Çanakkale il sınırlarına ait sayısal yükseklik modeli çalışma alanı kapsamında indirgenmiştir.

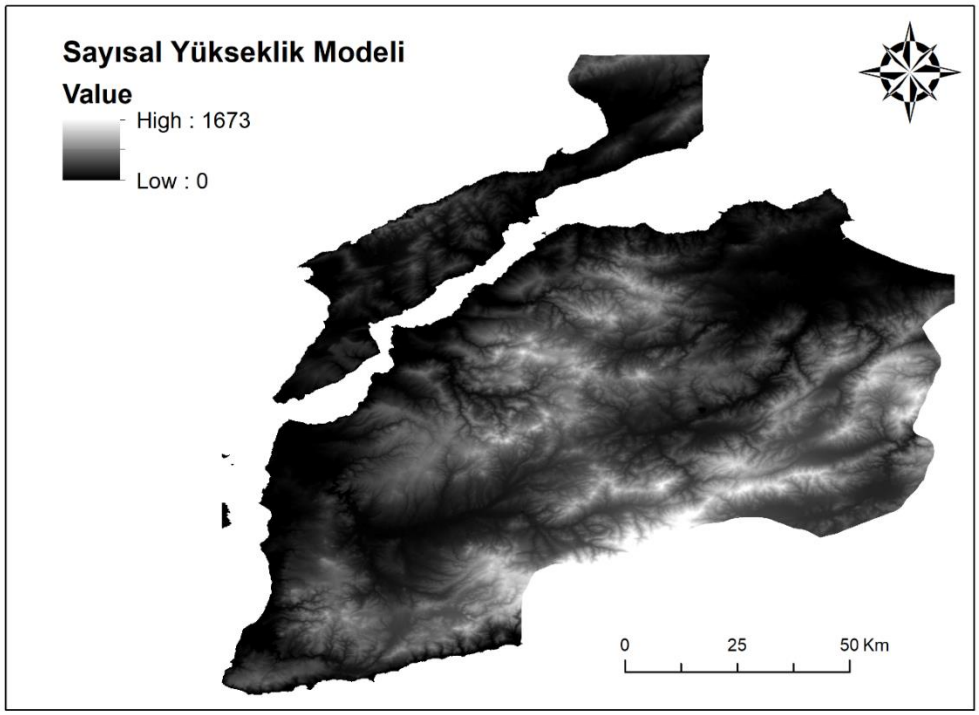


Şekil 3.5. Çanakkale Merkez İlçesinin Landsat Uydu Görüntüleri 1984 Tarihli (a) 2020 Tarihli (b) Kullanılarak Zamansal Değişimi

Tablo 3.1

Çalışmada Kullanılan Landsat Verileri

Uydu	Algılayıcı	WRS-2 Satır/Sütun	Veri Tarihi		Bantlar/Dalga Boyu (µm)
Landsat 5	TM		21.07.1984	12.07.1998	Bant-1 / 0.45-0.52
			24.07.1985	15.07.1999	Bant-2 / 0.52-0.60
			27.07.1986	01.07.2000	Bant-3 / 0.63-0.69
			14.07.1987	20.07.2001	Bant-4 / 0.76-0.90
		181/32 ile	16.07.1988	10.07.2003	Bant-5 / 1.55-1.75
		181/33 tüm	19.07.1989	12.07.2004	Bant-7 / 2.08-2.35
		Yıllara ait	06.07.1990	31.07.2005	Bant-6 / 10.4-12.5
		Görüntüler	25.07.1991	18.07.2006	
		için	11.07.1992	05.07.2007	
			30.07.1993	07.07.2008	
			01.07.1994	26.07.2009	
			04.07.1995	13.07.2010	
			06.07.1996	16.07.2011	
			21.07.2013		Bant-1 / 0.43-0.45
			08.07.2014		Bant-2 / 0.45-0.51
Landsat 8	OLI/TIRS	181/32 ile	27.07.2015		Bant-3 / 0.53-0.59
		181/33 tüm	13.07.2017		Bant-4 / 0.64-0.67
		Yıllara ait	03.07.2018		Bant-5 / 0.85-0.88
		görüntüler	22.07.2019		Bant-6 / 1.57-1.65
		için	24.07.2020		Bant-7 / 2.11-2.29
					Bant-10 / 10.6-11.9

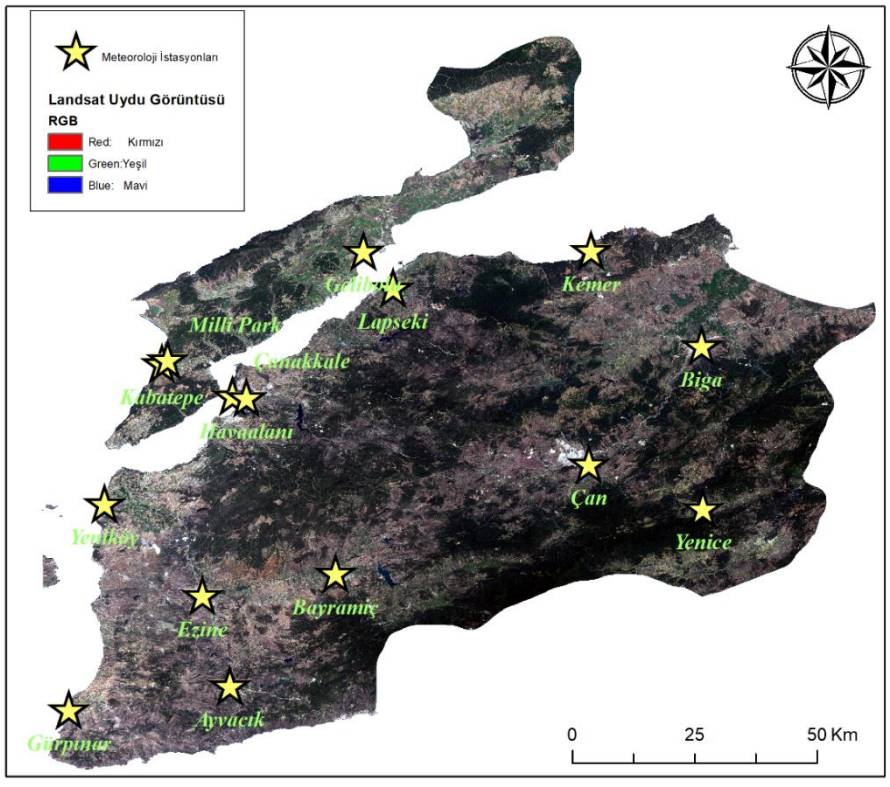


Şekil 3.6. Sayısal Yükseklik Modeli

3.3.2. Meteorolojik Veriler

Çalışma kapsamında Çanakkale ili sınırları içerisinde bulunan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait 15 meteoroloji istasyonunda temin edilmiş veriler kullanılmıştır. Bu istasyonlar Çanakkale Merkez Meteoroloji İstasyonu (40°8'30.21"K, 26°24'1.58"D), Çanakkale Havaalanı Meteoroloji İstasyonu (40°8'16.80"K, 26°25'35.76"D), Kabatepe Meteoroloji İstasyonu (40°12'2.79"K, 26°16'17.50"D), Gelibolu Meteoroloji İstasyonu (40°24'29.16"K, 26°38'30.12"D), Milli Park Meteoroloji İstasyonu (40°12'29.86"K, 26°16'54.12"D), Biga Meteoroloji İstasyonu (40°13'59.28"K, 27°15'48.96"D), Kemer Meteoroloji İstasyonu (40°24'31.68"K, 27°3'36.00"D), Ayvacık Meteoroloji İstasyonu (39°36'29.16"K, 26°23'44.88"D), Gürpınar Meteoroloji İstasyonu (39°33'49.24"K, 26° 6'0.62"D), Yeniköy Meteoroloji İstasyonu (39°56'34.55"K, 26°9'56.22"D), Ezine Meteoroloji İstasyonu (39°46'25.99"K, 26°20'44.16"D), Lapseki Meteoroloji İstasyonu (40°20'23.98"K, 26°41'47.04"D), Bayramiç Meteoroloji İstasyonu (39°48'52.92"K, 26°35'26.16"D), Çan Meteoroloji İstasyonu (40°0'57.94"K, 27°3'23.04"D), Yenice Meteoroloji İstasyonu (39°56'3.26"K, 27°15'58.02"D)'larıdır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü kapsamında bulunan 14 meteoroloji istasyonundan belirli zaman dilimlerinde 2

m seviyesindeki hava sıcaklık değerleri temin edilmiştir. Fakat meteoroloji istasyonlarının belirli zaman dilimlerinde çalışması nedeniyle her yıl için sıcaklık veriler temin edilememiştir. Meteoroloji istasyonları ve çalışma süreleri "Tablo 3.2.'de" belirtilmiştir. Ek olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğünden 2 m hava sıcaklık verileri temin edilmesine rağmen bulutluluk oranlarının yüksek olduğu 2002, 2006, 2012 ve 2017 yılları için tüm ilçelerde kullanılamamıştır. Ayrıca Biga, Çan, Yenice ve Ayvacık ilçelerindeki farklı zaman dilimlerindeki bulutluluk oranlarının yüksek olmasında kaynaklıda verilerde eksiklik oluşmuştur. Barsi vd., (2005) tarafından oluşturulan MODTRAN tabanlı Atmosferik Parametre Hesaplayıcısı tarafından meteoroloji istasyonları konum verileri ve kullanılan uydu görüntüleri ile eş zaman dilimi verileri kullanılarak atmosferik etkenler (atmosferik geçirgenlik, yükselen ışınım değeri ve alçalan ışınım değeri) temin edilmiştir (Barsi vd., 2005). Meteoroloji İstasyonlarından temin edilen 2 m hava sıcaklığı değerleri ile kullanılan uydu görüntüleri ile eş zamanlı ortalama atmosferik hava sıcaklığı hesaplanmıştır. Atmosferik etkenler TP, TK ve RT Denklemi ile YYS değeri elde edilmesinde kullanılmıştır. Ortalama atmosferik hava sıcaklığı değeri TP denkleminde YYS değeri elde edilmesinde kullanılmıştır.

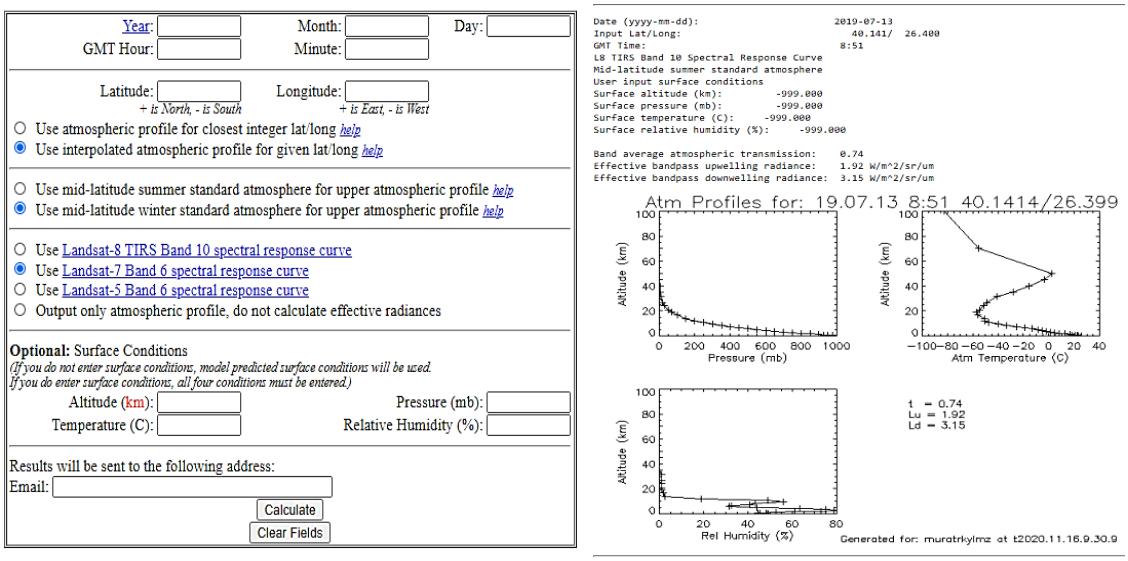


Şekil 3.7. Çalışma Kapsamında Kullanılan Meteoroloji İstasyonları

Tablo 3.2.

Kullanılan Meteoroloji İstasyonları

Meteoroloji İstasyonu	**Çalışma Süresi**	**Enlem**	**Boylam**	**Rakım (m)**
Çanakkale	1984-2020	40° 8'30.21"K	26°24'1.58"D	6
Havaalanı	2007-2019	40° 8'16.80"K	26°25'35.76"D	8
Kabatepe	2014-2019	40°12'2.79"K	26°16'17.50"D	9
Gelibolu	2013-2020	40°24'29.16"K	26°38'30.12"D	51
Milli Park	2014-2019	40°12'29.86"K	26°16'54.12"D	43
Biga	2013-2020	40°13'59.28"K	27°15'48.96"D	25
Kemer	2010-2020	40°24'31.68"K	27° 3'36.00"D	56
Ayvacık	2014-2020	39°36'29.16"K	26°23'44.88"D	275
Gürpınar	2014-2019	39°33'49.24"K	26° 6'0.62"D	8
Ezine	2007-2020	39°46'25.99"K	26°20'44.16"D	73
Yeniköy	2013-2020	39°56'34.55"K	26° 9'56.22"D	7
Lapseki	2014-2020	40°20'23.98"K	26°41'47.04"D	100
Bayramiç	2014-2020	39°48'52.92"K	26°35'26.16"D	92
Çan	2014-2020	40° 0'57.94"K	27° 3'23.04"D	139
Yenice	2013-2020	39°56'3.26"K	27°15'58.02"D	252

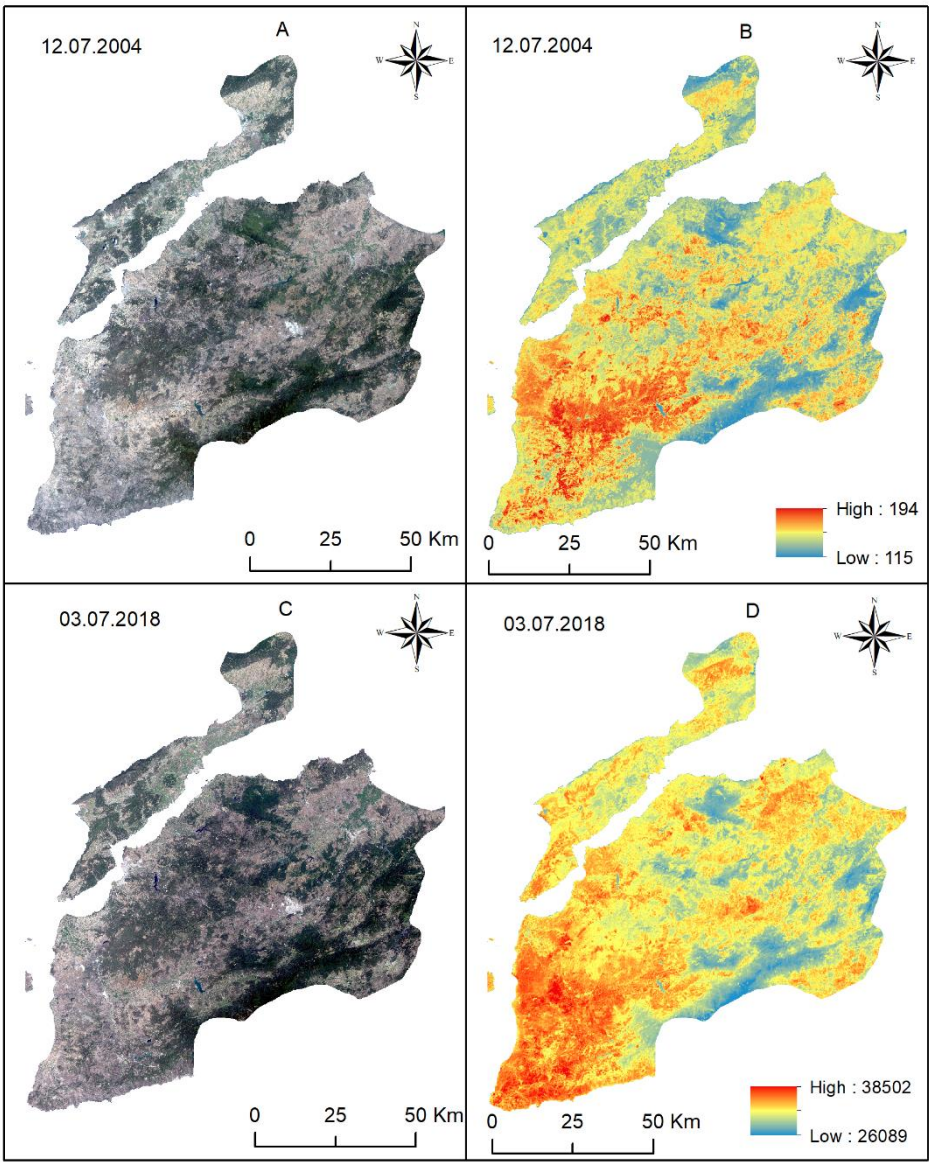


Şekil 3.8. Atmosferik Parametre Hesaplayıcısı Online Arayüzü Soldaki Girdiler (a), Sağdaki Çıktılar (b) *(Barsi vd., (2005))*

3.4. Yöntem

Bu çalışmada dört farklı YYS denklemi kullanılarak Çanakkale bölgesindeki 10 farklı ilçe merkezi ve çevresindeki sınırlar dahilinde ilk olarak KIA alanları belirlenmiştir. Ardından elde edilen KIA alanları ile kırsal alanların farkından elde edilen değerler ile de yıllık süreç içerisinde SUHII hesaplanmıştır. KIA etkisinin alanlarının belirlenmesi için belirlenen çalışma alanı merkezi ve çevresinin ortalama (mean) sıcaklık değerinin standart sapmasındaki belirli bir katsayı ile değerlendirilmesi sonucunda ortaya çıkarılmaktadır. SUHII'nin belirlenmesi için ilçelerde belirlenen çalışama alanlarının ortalama yükselti ve bakı değerleri hesaplanması ile kırsal alanların belirlenmiştir. Kırsal alanların belirlenmesi için üç farklı özellik temel alınmıştır. Kent alanı ile özdeş bakı ve yükseltiye sahip olması, yıllık süreç içerisinde arazi örtüsünün yeşil alan olarak devamlılığını sağlaması ve ilçe sınırı yakınlarında bulunmamasıdır. İlçe sınırlarının belirlenmesinden Wikimapia alt tabanından ve uydu görüntülerinden yerleşim alanlarının en son ulaştığı bölgeler tespit edilerek Wikimapia alt tabanına eklenmiş ve bu kesim dosyalarından yararlanılmıştır. YYS değerlerinin oluşturulmasında ayrıca atmosferik etkenlerin kullanılmadığı AC kullanılmıştır. Atmosferik etkenlerden yararlanan TK ve RT, atmosferik etkenlerden biri olan atmosferik geçirgenlik değerinin yanı sıra hava sıcaklığı değerini kullanan TP yöntemi kullanılmıştır. Dört farklı denklemin ortak özellikleri tek bir termal bant ve yer yüzey yayınırlığı ile hesaplanmasıdır. YYS değerlerinin hesaplamaları ArcGIS 10.5 Model Builder ile

gerçekleştirilmiştir. İklim verileri ile YYS değerlerinin ilişkisinin daha başarılı sonuçlara ulaşmasını sağlamak amacıyla 5×5 boyutlu ortalama filtre kullanılmıştır. Özelkan vd., (2015) tarihli 8 farklı filtreleme türünün kullanıldığı ve 5×5 boyutlu ortalama filtrenin daha iyi sonuçlar verdiği çalışma tarafından önerilmiştir. YYS değerleri 15 farklı yersel meteoroloji istasyonu verilerinden özdeş zamanlı olarak temin edilen 2 m hava sıcaklığı değerler ile karşılaştırılmıştır. En uygun denklemin belirlenmesinde RMSE ve korelasyon-regnesyon analizlerinden yararlanılmıştır. Çanakkale bölgesinin arazi örtüsü ve değişiminin belirlenmesi için Landsat 5 ve Landsat 8 uydu görüntülerinin multispektral bantları birleşik bir görüntüye (composite band) dönüştürülürmüştür. Oluşturulan birleşik görüntünün atmosferik düzeltmesi Quick Atmosphere Correction (QUAC) ile yapılmıştır. Çalışılan uydu görüntülerinin geometrik düzeltmesi WGS-1984 UTM bölgesi 35N olarak yansıtılmıştır. Sınıflandırma yöntemlerinden kontrollü sınıflandırma tercih edilmiş ve DVM yöntemi ile sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Çalışmada sınıflandırma AÖK sınıflarını görebilmek ve bunları YYS ile olan ilişkisi ile açıklayabilmek için 1985, 1990, 1991, 1995, 2000, 2001, 2004, 2005, 2009, 2010, 2014, 2015, 2019 ve 2020 yıllarında kent alanı, orman alanı, çıplak arazi, ve yeşil alan olmak üzere 4 farklı sınıfa ayrılmıştır. Sınıflandırmaların doğrulukları kullanılan Landsat görüntülerinden her sınıf için 40'ar tane olmak üzere 200 doğruluk noktası oluşturularak kappa doğruluk analizi çerçevesinde yapılmıştır. Yapılan sınıflandırma işleminde her sınıfın kesim dosyaları oluşturulmuş ve ilişiği olan yıllar için kesilerek YYS değerleri elde edilmiştir. YYS ve arazi örtüsü değişiminin incelenmesi Çanakkale ilindeki 10 farklı ilçeyi kapsamaktadır. Bunlar Merkez, Biga, Bayramiç, Çan, Eceabat, Ezine, Gelibolu, Lapseki, Ayvacık, Yenicedir. KIA alanlarının ve yoğunluğunun belirlenmesi için ilçe sınırlarının YYS değerlerinden kırsal alanın ortalama (mean) sıcaklık değerinin çıkarılması ile belirlenmektedir. İlçe sınırları içindeki YYS değerlerinin ortalama etkisi baz alınarak çalışılan ilçedeki KIA alanları ortaya koyulmaktadır. Buradan elde edilen sınırlar ise ısı adası alanları ise ilçe ile özdeş olarak yıllarda belirlenen kırsal alanların ortalama (mean) sıcaklık değeri ile ilişkilendirilerek SUHII analizi yapılmaktadır.



Şekil 3.9. Landsat 5 12.07.2004 Tarihli, Landsat 8 03.07.2018 Tarihli Çalışma Alanı Uydu Görüntüleri, (a) 3,2,1 Bant Kombinasyonu, (b) Termal Bant 6, (c) 4,3,2 Bant Kombinasyonu, (d) Termal Bant 10 Görüntüsü

3.4.1. Kent Isı Adası Etkisi ve Yoğunluğunun Belirlenmesi

KIA etkisi, çalışma alanı içerisindeki belirli bir sıcaklık değerinin üstündeki alanlardır. SUHII ile belirlenen kent ısı adası alanlarının kırsal alanlar ile farkından oluşan YYS farkıdır. 1984 ile 2020 yılları arasındaki KIA alanları ve SUHII Denklem 3.1, 3.2 ve 3.3 referans alınarak hesaplanmıştır.

$$\text{SUHII}=YYS_{kent} - YYS_{kır} \quad (3.1)$$

YYS> μ+0,5×δ UHI etkisinde bulunan alan (3.2)

0<YYS≤ μ+0,5×δ UHI etkisinde olmayan alan (3.3)

Burada, kent ısı adası duyarlılığı (SUHII(°C)), YYS_{kent} kent alanın YYS değeri (°C), $YYS_{kır}$ kırsal alanın YYS değeri (°C), μ çalışılan alanın ortalama (mean) YYS değeri (°C), δ çalışılan alanın standart sapma değeridir.

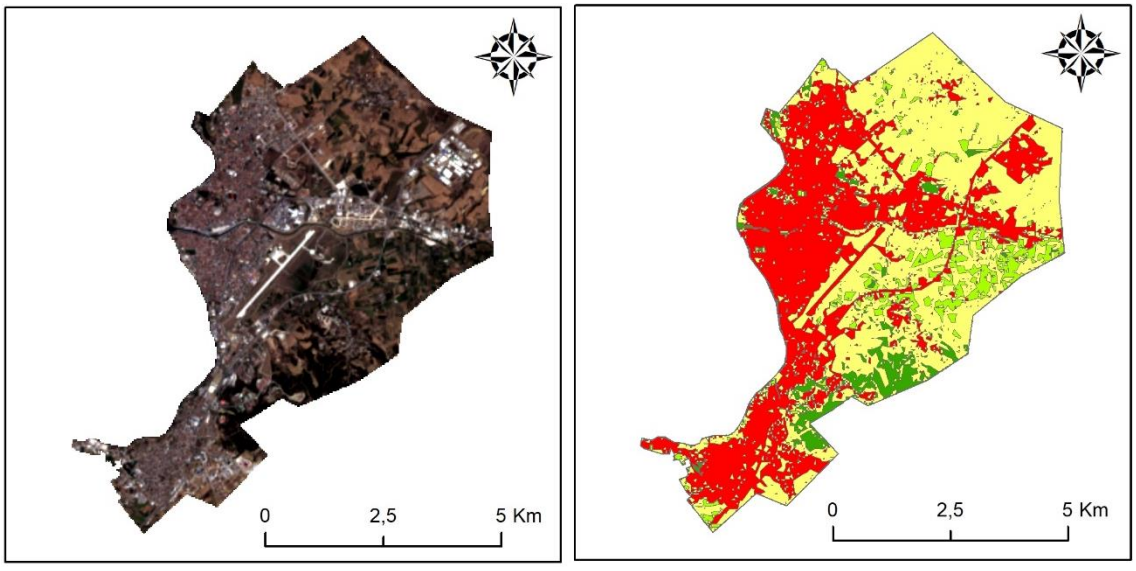
SUHII'nin pozitif olduğu değerlerde KIA etkisi görüldüğü sonucuna varılmaktadır. Yaz aylarında su alanlarının çevresine soğutma etkisi oluşturduğu gözlemlenmektedir. Soğutma etkisinin görülmesinin sebebi buharlaşma ve ısı absorbsiyon etkisinden kaynaklıdır.

3.4.2. Arazi Örtüsü ve Kullanımı için Sınıflandırma İşlemi

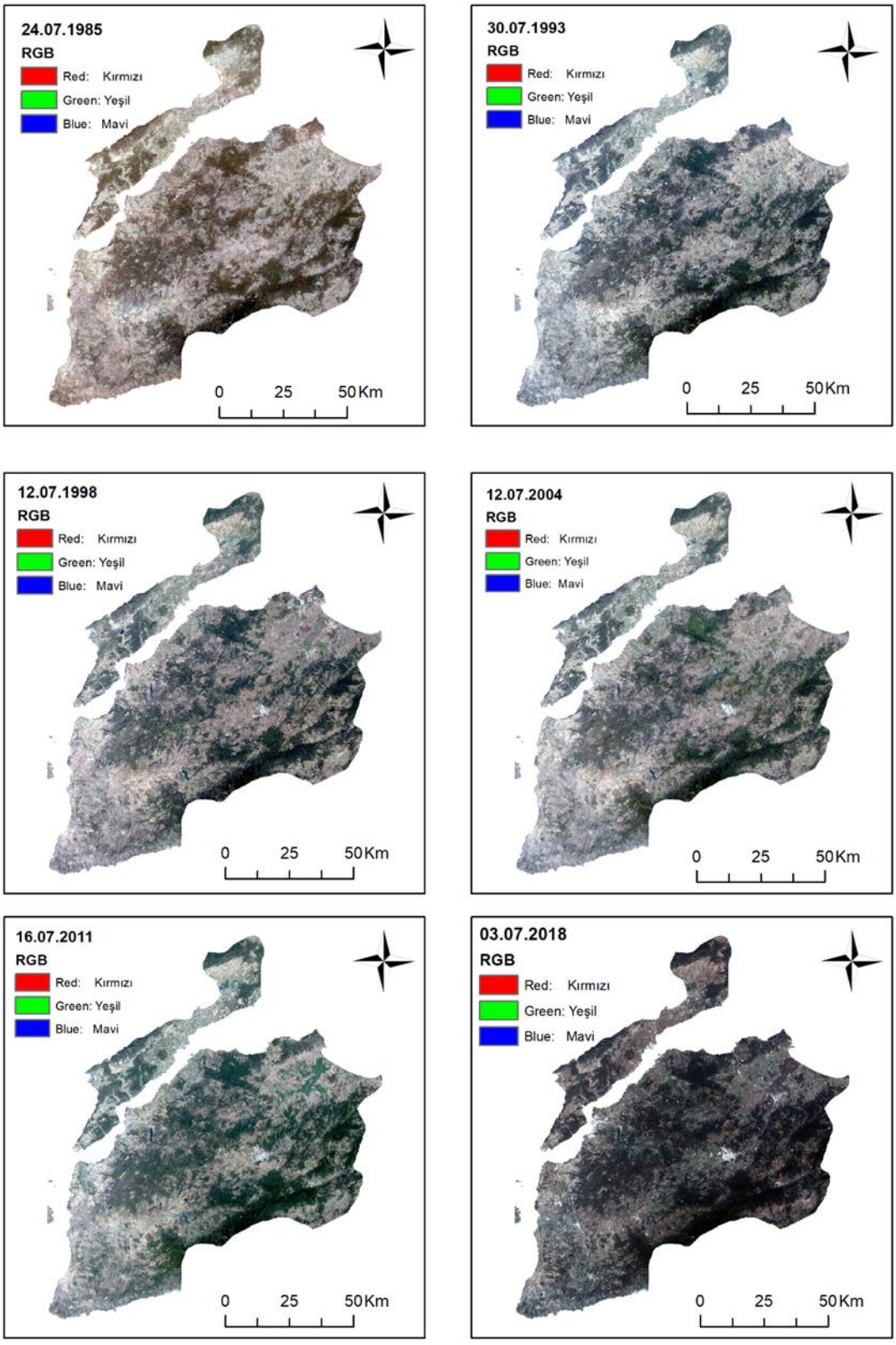
Çalışma alanı için kullanılan 1984 ile 2020 yılları arasındaki temmuz ayı Landsat görüntülerinden bulutsuzluk oranları en yüksek ve belirli zaman aralığında çalışma yılları belirlenmiştir. Bu yüzden çalışma alanları için uygun yılların 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 ve 2020 olması uygun görülmüştür. Fakat Yenice, Bayramiç ve Biga da 1990, 2000, 2005, 2010, 2015 ve 2020 yıllarındaki bulut oranın yüksek olmasından kaynaklı olarak bu ilçeler için ayrıca 1991, 2001, 2004, 2009, 2014 ve 2019 yılları için sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Çalışma alanındaki bitki örtüsü değişimin önemli olması ve diğer aylarda bitki örtüsünün farklı olmasından kaynaklı olarak çalışma içerisinde kullanılan 30 m mekânsal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri hem veri tabanı hem de doğruluk değerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Sınıflandırma aşamaları İlk olarak multispektral bant özelliklerine sahip bantları birleşik bant olarak oluşturulması gerekmektedir. Fakat Bu işlem Envi 5.4 üzerinden gerçekleştirildiği için multispektral bantlar seçilerek işlemin daha pratik olması sağlanmıştır. Kullanılan görüntü üzerinden her bir sınıf için örneklemler alınmıştır. Kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden DVM yönteminin kullanılmıştır. DVM yöntemleri kullanılan çalışmalarda örneklem üzerinden her bir sınıf için 20 alanın alınması sınıflandırma doğrulu yeterli olacaktır. Bu yüzden çalışmada her bir sınıf için örneklem alanlar 20 ile 50 arasında değişmiştir. Sınıflandırma işleminde kent alanı, yeşil alan, orman alanı ve çıplak arazi olmak üzere 4 farklı arazi sınıfı ortaya çıkarılmıştır. Kent alanları kırmızı renkte, yeşil alanlar açık yeşil, çıplak arazi sarı ve orman alanları koyu yeşil renklerle belirtilmiştir.



Şekil 3.10. 03.07.2018 Tarihli Landsat 8 Uydu Görüntüsünde Arazi Kullanımı İçin Seçilen Örnekler Kent Alanı (A), Yeşil Alan (B), Çıplak Arazi (C), Orman (D).



Şekil 3.11. Arazi Örtüsü ve Kullanımı İçin Sınıflandırılmış Görüntü Örneği; Soldaki Gerçek Görüntü (a), Sağdaki Sınıflandırılmış Görüntü (b)



Şekil 3.12. Arazi Örtüsü ve Kullanımı İçin Kullanılan Gerçek Renklerde Landsat Uydu Görüntüleri 1984 Tarihli (a), 1993 Tarihli (b), 1998 Tarihli (c), 2004 Tarihli (d), 2011 Tarihli (e), 2018 Tarihli (f)

3.4.3. Kırsal Alanların Belirlenmesi

Kırsal alanlarının belirlenmesi için uygulanan adımlar sırasıyla aşağıdaki gibidir.

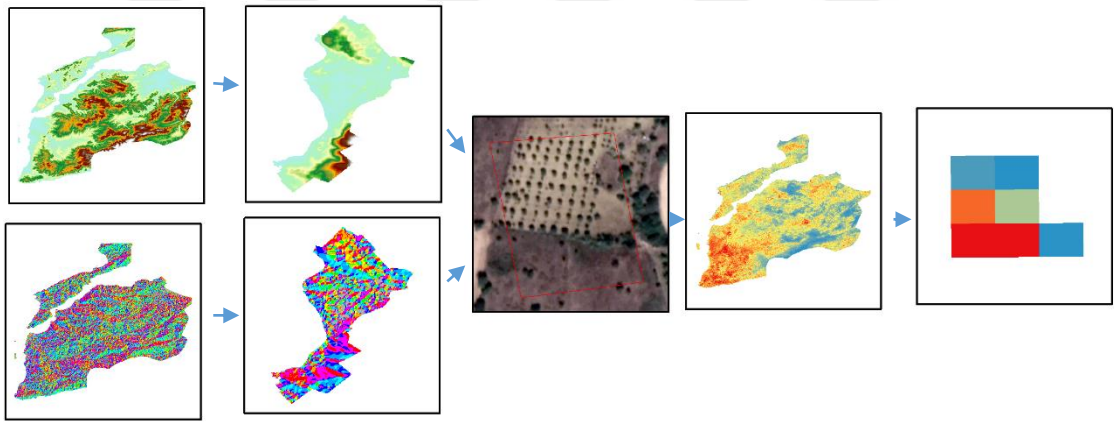
1)Landsat görüntülerinin atmosferik düzeltmesi QUAC ile yapılmıştır.

2)SYM kullanılarak bakı ve yükseklik haritası oluşturulmuştur.

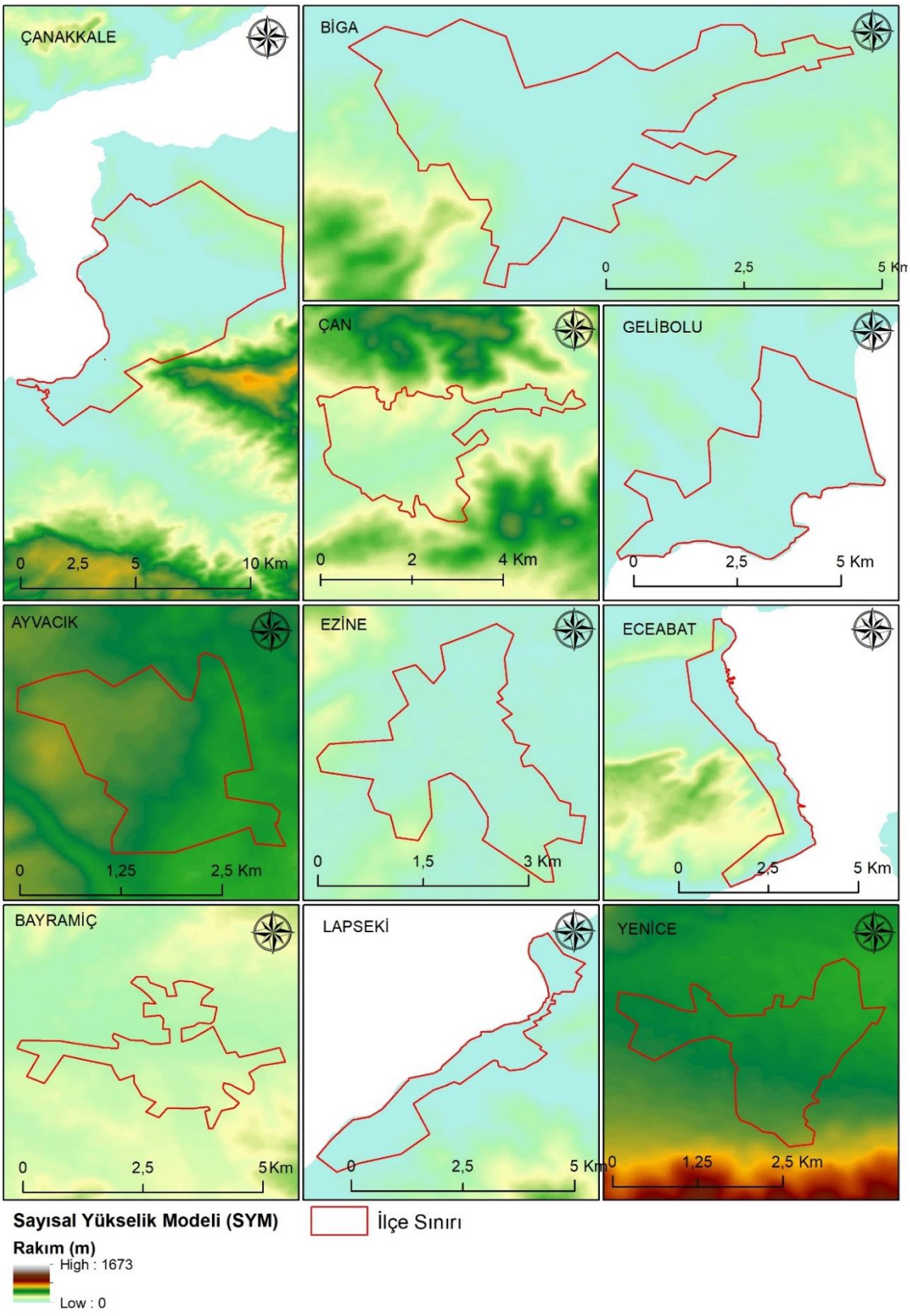
3)İlçe çalışma alanlarına göre bakı ve yükseklik haritaları kesilmiştir.

4) İlçe çalışma alanlarının bakı ve yükseklik değeri ile eş kent alanlarına yakın alanlarda yeşil alan belirtilen alanlar kırsal alan olarak belirlenmiştir.

5) Dört farklı denklem ile elde edilen YYS değerleri kırsal alanlara göre kesilmiştir.



Şekil 3.13. Kırsal Alanların Belirlenmesi



Şekil 3.14. İlçelerin Sayısal Yükseklik Modeli ile Gösterilmesi Çanakkale (a), Biga (b), Çan (c), Gelibolu (d), Ayvacık (e), Ezine (f), Eceabat (g), Bayramiç (h), Lapseki (i), Yenice (j).

3.4.4. Yer Yüzey Sıcaklığı Değerlerinin Elde Edilmesi

YYS, afet yönetimi, kuraklık, KIA oluşumu ve küresel ısınma ile ilgili çalışmalar için oldukça önemli veridir. Dünya sisteminde neler olup bittiğini araştırmak, analiz etmek için son zamanlarda uydu verilerinden YYS hesaplayarak birçok çalışma ortaya koyulmuştur (Çelik, 2013; Sabrino vd., 2004, Şekertekin, 2019). YYS denklemlerinde ortak olan değişken yüzey yayınırlığıdır. Bu yüzden YYS'nin doğru analiz edilebilmesi için yüzey yayınırlığı hesaplamaların da ve yer yeryüzü sıcaklığı hesaplamaların da bu alanda birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Vera vd., 2010). YYS hesaplamasında birçok algoritma kullanılmaktadır. Algoritmaların farklılığı ve ölçülen değerlerin meteoroloji istasyon verilerinden sağlanması aslında meteoroloji istasyonlarının gerekli olan verileri daha doğru sonuçlarla ölçümlemesine ve hesaplanmasına imkân sağlayabilir. Fakat bu tarz geniş ölçekli çalışmaların uygulanması için istasyonların kurulması ve bakım masrafları büyük harcamalar gerektirmektedir. Çalışmalar doğrultusunda birçok YYS algoritmaları üretilmiştir. Bu algoritmalardan en çok kullanılanları; AC Algoritması (Artis ve Carnahan, 1982), Bölünmüş pencere yöntemi (Ottle, vd., 1997; Wan ve Dozier, 1996), Mono pencere yöntemi (Qin vd., 2001; Wang vd., 2015) ve Single channel (Jimenez Munoz ve Sabrino, 2003; Jimenez Munoz vd., 2008) YYS yöntemleridir.

Yüzey sıcaklığı hesaplamalarında Landsat verileri ile eş zamanlı meteorolojik verilere ihtiyaç duyulmaktadır. YYS'nin hesaplanmasındaki en önemli parametreler yüzey yayınırlığı, ortalama atmosferik sıcaklık, atmosferik geçirgenlik katsayısı, alçalan ışınım ve yükselen ışınım değerleridir. 2000 yılı öncesine ait Landsat görüntülerinin MOD05 görüntülerine ulaşılamamasından kaynaklı olarak 2000 yılı öncesi atmosferik veriler atmosferik parametre hesaplayıcısı ile elde edilememektedir. NASA'ya ait olan ve Basri, J.A. ve diğ. tarafından 2005 yılında geliştirilen atmosferik parametre hesaplayıcısı kullanılmıştır. Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılarak dört farklı YYS denklemi uygulanmıştır. Bunlar, AC, TK, TP ve RT'dir. TP, TK ve RT denklemleri atmosferik etkenlerden etkilendikleri için uydu geçişinin olduğu sırada ölçülmesi gerektiğinden bu değerler 2000 yılı öncesi için karşılanamamıştır. AC, TK, TP ve RT denklemlerinin YYS hesaplamalarında kullanılabilmesi ileri sürülmüştür (Artis ve Carnahan, 1982; Jimenez Munoz ve Sobrino., 2008; Qin vd., 2001). Çanakkale Meteoroloji Genel Müdürlüğünden çalışmada kullanılan görüntülere ait tarihler ile eş hava sıcaklık değerleri alınmıştır. Yükselen ışınım, alçalan ışınım, atmosferik geçirgenlik verileri Barsi

vd., (2005) yılında hazırladıkları atmosferik parametre hesaplayıcısından Hata değeri 0,5 ± 0,8 K olarak baz alınmıştır. YYS algoritmalarının izlenecek yolları ve hesaplamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1) Sayısal verilerin (DN_s) radyans değerine ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$) dönüştürülmesi,

2) Radyans değerlerinin parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmesi,

3) Parlaklık değerinin yansıtma değerine dönüştürülmesi

4) Normalize edilmiş fark bitki indisinin (NDVI) oluşturulması,

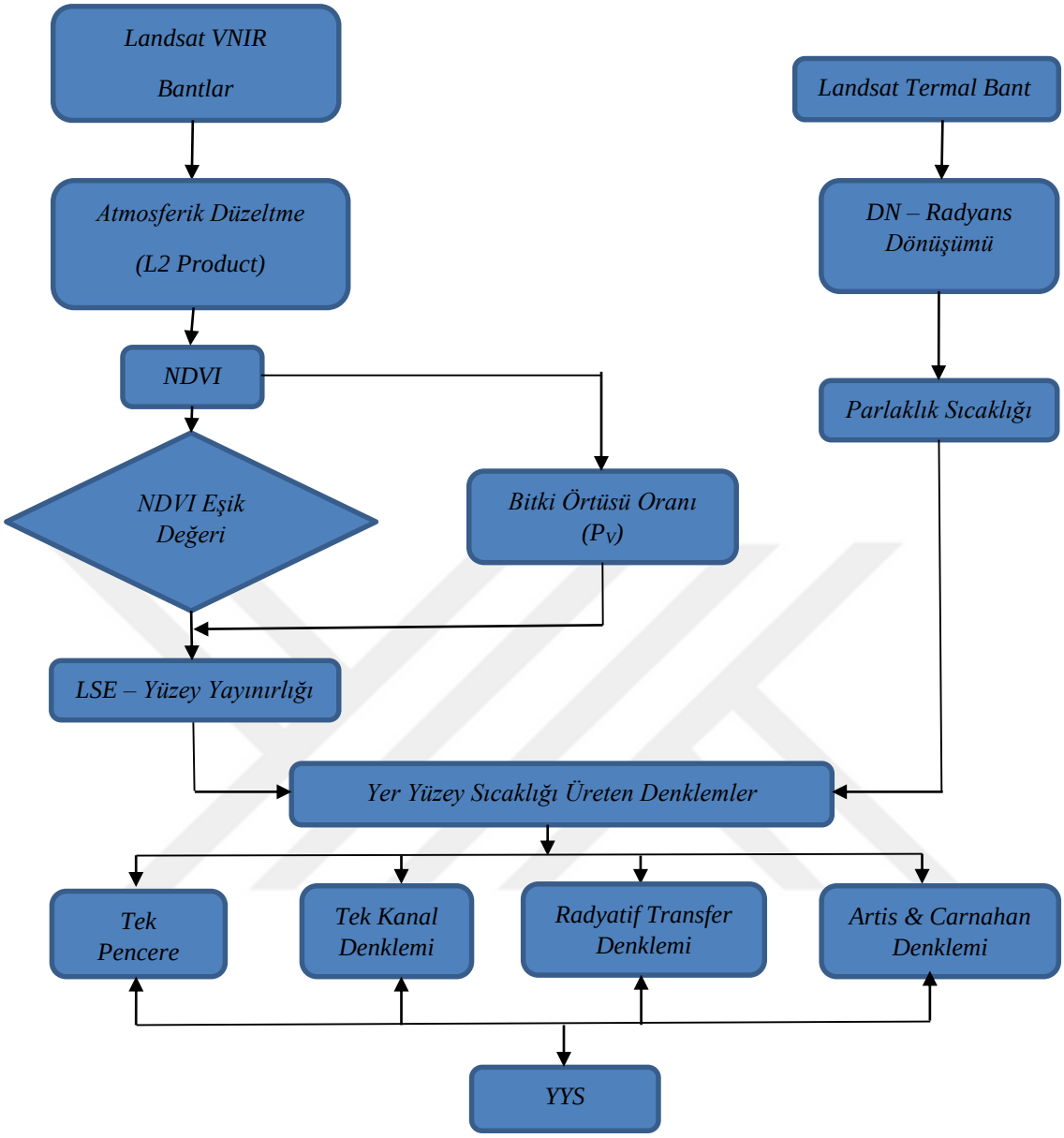
5) Bitki örtüsü oranının (P_v) belirlenmesi,

6) Yer yüzeyi yayınırlığı değerinin (ε) hesaplanması,

7) Ortalama atmosferik hava sıcaklığının (T_a) hesaplanması,

8) YYS hesaplanması.

9) YYS değerlerinin filtrelenmesi



Şekil 3.15. Yer Yüzey Sıcaklığı Akış Şeması

Sayısal Veri Değerinin (DNs) Radyans Değerine ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$) Dönüştürülmesi

Bu işlem termal bantlar üzerinde uygulanmamaktadır. Güneşin farklı konumunda kaynaklı olarak enerji yansımasındaki sorunu düzeltmek için yapılmaktadır.

Landsat 5 için;

$$\rho_\lambda = \frac{L_{\lambda^*}\,\pi * d^2}{ESUN_{\lambda^*}\cos\theta_s} \tag{4.1}$$

Burada ρ_λ; Sensördeki yansıtım değerini, L_λ; Hesaplanan parlaklık değerini, d; Dünya ile güneş arasındaki mesafeyi, $ESUN_\lambda$; Ortalama atmosferik solar irrradyans değerini, θ_s; Solar zenit açısıdır.

Landsat 8 için;

$$p\lambda = \frac{M_p \times Q_{CAL} + A_p}{sin\theta_{SE}} \quad (4.2)$$

Burada; M_p Yeniden ölçeklendirilen banda özgü çarpan değeri, A_p; İlave ölçeklendirilen banda özgü bant değeri, Q_{CAL}; Nicelleştirilmiş ve kalibre edilmiş standart ürün piksel değeri (DN), θ_{SE}; Güneş yükseklik açısıdır. Kullanılan görüntünün meta veri dosyasından parametrelere ulaşılabilmektedir.

Radyans Değerinin Parlaklık Sıcaklık (Brightness Temperature) Değerine Dönüştürülmesi

Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntülerinin sırasıyla 6. ve 10. termal bantlarının dönüşümü için "Denklem 4.3" uygulanmaktadır (Explorer, 2019; Chander vd., 2009).

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (4.3)$$

T; Kelvin cinsinden parlaklık sıcaklığı (K), K_1; Birinci Kalibrasyon Sabiti, K_2; İkinci Kalibrasyon Sabiti, L_λ; Sensördeki spektral radyansdır ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$). Kalibrasyon sabitlerine Tablo 3.3'den erişilebilir.

Tablo 3.3.

Landsat Uyduları Kalibrasyon Sabitleri

UYDU	**K_1 (Watt / (m^2×srad×µm))**	**K_2 (Kelvin)**
Landsat 5 (Bant 6)	607.56	1260.56
Landsat 8 (Bant 10)	774.89	1321.08

Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI)

NDVI indeksi -1 ile +1 değer aralığında kırmızı ve yakın kızılötesi bantlarının yansıtım değeri verilerinden yararlanılarak hesaplanır (Rouse vd., 1974). NDVI, arazi örtüsü türü ve özellikleri hakkında bilgi vermektedir (Mohamed vd., 2011; Akyürek, 2020). NDVI değerleri Bitki örtüsü Oranı (P_v) ve yer yüzeyi yayınırlığı (emissivity: ε) hesaplamalarında kullanılmaktadır.

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (4.5)$$

Denklemde NDVI; Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi, ρ_{NIR}; yakın kızılötesi bant yansıtımını ve ρ_{RED}; kırmızı bant yansıtımını ifade etmektedir (Denklem 4.5).

Bitki Örtüsü Oranının Belirlenmesi (Proportional vegetation: Pv)

Bitki örtüsü oranı (P_v) yer yüzey yayınırlığı hesaplamaları için gereken bir veridir. Carlson ve Ripley tarafından 1997 yılında geliştirilmiştir (Carlson ve Ripley, 1997). P_v değerini hesaplayabilmek için çalışma alanın NDVI, Minumum NDVI değeri ($NDVI_{min}$) ve Maximum NDVI değerine ($NDVI_{max}$) ihtiyaç duyulmaktadır. Sobrino ve diğerleri., 2004 yılında yapmış oldukları çalışmalar doğrultusunda $NDVI_{max}$ ve $NDVI_{min}$ değerleri yerine 0.5 ve 0.2 değerlerinin alınmasının yüksek hataya neden olmadığı sonucuna vararak kullanılmasının uygun olduğunu belirtmiştir (Sobrino vd., 2004). P_v değerinin elde edilebilmesi için gerekli "Denklem 4.6'da" belirtilmiştir.

$$P_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{mak} - NDVI_{min}}\right]^2 \quad (4.6)$$

Yer Yüzeyi Yayınırlığı (LSE: Land surface emissivity(ε)) Hesabı

YYS değerlerinin hesaplanabilmesi için yer yüzey yayınırlığı değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yer yüzey yayınırlığı herhangi bir cismin ışınım ve soğurma özelliğinin veri haline gelmiş bir değeridir (Sobrino vd., 2008). Yer yüzey yayınırlığı etkileyen en önemli etken arazi örtüsünün özelliğidir. (Stathopoulou ve Cartalis, 2007).

Yer yüzey yayınırlığı hesaplamalarında NDVI değeri 0.2 ile 0.5 değer aralığında ise "Denklem 4.7"uygulanmaktadır.

$$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) + d\varepsilon \quad (4.7)$$

Yukarıdaki eşitlikte ε_v; bitki örtüsü için yer yüzeyi yayınırlığı değerini, ε_s; toprak için yer yüzeyi yayınırlığı değerini ve dε ise doğal yüzeylerin geometrisinden kaynaklanan etkileri göstermektedir. P_v ise bitki oranı ifade etmektedir.

$$\varepsilon = m P_v + n \quad (4.8)$$

$$m = \varepsilon_v - \varepsilon_s - (1 - \varepsilon_s) F_{\varepsilon v} \quad (4.9)$$

$$n = \varepsilon_s + (1 - \varepsilon_s) F_{\varepsilon v} \quad (4.10)$$

$$\varepsilon = 0.004 P_v + 0.986 \quad (4.11)$$

Tablo 3.4.

NDVI ile Yer Yüzey Yayınırlığı İlişkisi *(Jimenez-Munoz ve Sobrino, 2008)*

Numara	NDVI	Yer Yüzeyi Yayınırlığı (ε)
1	*NDVI < 0.2*	$0.979 - 0{,}035 \times \rho RED$
2	*0.5 > NDVI > 0.2*	$0.004 \times P_v + 0.986$
3	*NDVI > 0.5*	*0.99*

NDVI< 0.2 durumunda piksel çıplak toprak olarak nitelendirilir. 0.2< NDVI< 0.5 durumunda piksel çıplak toprak ve bitki örtüsü karışık şekildedir. NDVI> 0.5 durumunda ise piksel tamamen bitki örtüsüyle kaplı olarak nitelendirilir.

Ortalama Atmosferik Sıcaklık Hesabı (T_a)

Ülkemiz coğrafi olarak orta enlem kuşağında yer almaktadır. Bu nedenle ortalama atmosferik sıcaklık değeri hesaplamasında orta enlem kuşağında ve YYS değerlendirmelerin hangi mevsimde olduğu dikkate alınarak hesaplama yapılmaktadır (Qin vd., 2001) (Tablo 3.5.).

Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) Hesabı

YYS hesabı için geliştirilen farklı denklemlerin gerçek yer sıcaklığı değerini belirlemedeki başarımı dört farklı yöntem ile değerlendirilmiştir.

Radyatif Transfer Denklemi (Radiative Transfer Equation (RTE))

Bir uydu sisteminin üzerinde bulunan termal sensörün görüş hattı boyunca Dünya'dan ve atmosferden gelen radyasyonu ölçümlemesi ile formülü "Denklem 4.12'de" oluşturulmuştur.

$$L_\lambda{}^{sen} = \left[\varepsilon B_\lambda\,(T_s) + (1-\varepsilon)L_\lambda{}^{\downarrow}\right]\tau + L_\lambda{}^{\uparrow} \tag{4.12}$$

Burada $L_\lambda{}^{sen}$, sensördeki top of atmospheric (TOA) radiance veya sensördeki parlaklıktır. ε, arazi yüzeyindeki yayınırlık değeridir. $B_\lambda\,(T_s)$, Plank yasası tarafından kara cisim ışıltısıdır. τ, toplam atmosferik geçirgenlik (total atmospheric transmissivity), $L_\lambda{}^{\downarrow}$, aşağı doğru atmosferik parlaklık (downwelling atmospheric radiance), $L_\lambda{}^{\uparrow}$, yukarı doğru atmosferik parlaklık (downwelling atmospheric radiance)'tır. MODTRAN, LOWTRAN gibi ışınım aktarım kodları kullanılarak τ, $L_\lambda{}^{\downarrow}$, $L_\lambda{}^{\uparrow}$ değerlerine ulaşılabilir. Burada T_s değerine denklem T_s ye göre ters çevrilerek bulunmaktadır. Ters çevrildiğinde "Denklem 4.13'deki" gibi olmaktadır.

$$B_\lambda\,(T_s) = \frac{L_\lambda{}^{sen} - L_\lambda{}^{\uparrow} - \tau\,(1-\varepsilon)L_\lambda{}^{\downarrow}}{\tau \times \varepsilon} \tag{4.13}$$

Tek Pencere Denklemi (Single Channel Algortihm (MW))

RTE yöntemindeki aşağı doğru parlaklık ($L_\lambda{}^{\downarrow}$) ve yukarı doğru parlaklık $L_\lambda{}^{\uparrow}$ verilerinden kurtulmak için Qin ve diğ. tarafından 2001 yılında "Denklem 4.14" geliştirilmiştir (Qin vd., 2001).

$$T_s = \frac{\{a(1-C-D)+[b(1-C-D)+C+D]T - D.\mathrm{T_a}\}}{C} \tag{4.14}$$

Burada $C = \varepsilon \times \tau$, $D = (1-\tau)[1+(1-\varepsilon)\times\tau]$ a= -67.355351, b= 0.458606 ve T_a ortalama atmosferik sıcaklığı temsil etmektedir.

Ortalama atmosferik sıcaklık değeri 4 farklı bölgeye göre ayrı denklemler oluşturulmuştur. Araştırmacı çalıştığı bölgenin durumuna göre denklemi belirlemelidir.

Tablo 3.5.

Bölgelere Göre Ortalama Atmosferik Sıcaklık (T_a) İlişkisi *(Qin vd., 2001)*

Bölge	**Ortalama Atmosferik Sıcaklık (T_a)**
USA (Amerika Birleşik Devletleri)	$25.9396 + 0.88045 \times T_0$
Tropikal	$17.9769 + 0.91715 \times T_0$
Orta-Meridyen Yaz	$16.0110 + 0.92621 \times T_0$
Orta-Meridyen Kış	$19.2704 + 0.91118 \times T_0$

Tek Kanal Denklemi (Single Channel Algorithm (SC))

Jimenez-Munoz ve Sobrino'nun 2008 yılında geliştirdiği denklem tek bir termal bant kullanılarak YYS hesaplanması için geliştirilmiştir (Jimenez - Munoz ve Sobrino, 2008).

$$T_s = \gamma[(\psi_1 \times L_{sen}) + \psi_2)/\varepsilon + \psi_3] + \delta \quad (4.15)$$

Bu denklemde T_s; yer yüzey sıcaklığı değerini (K), L_{sen}; algılayıcıdaki ışınım (Wm^{-2} $sr^{-1}\mu m^{-1}$) değeri, ψ_1, ψ_2, ψ_3 atmosferik fonksiyonlar, γ, δ iki parametredir.

$$\gamma \approx \frac{T^2}{b_\gamma L_{sen}} \quad (4.16)$$

$$\delta \approx T - \frac{T^2}{b_\gamma} \quad (4.17)$$

T; Parlaklık sıcaklığı değerini, b_γ; değeri Landsat 5 ve Landsat 8 için 1256 ve 1320 değerlerini almaktadır. Atmosferik fonksiyoneller "Denklem 4.18, Denklem 4.19, ve Denklem 4.20'de"gösterilmektedir.

$$\psi_1 = \frac{1}{\tau} \quad (4.18)$$

$$\psi_2 = -L_\lambda{}^{\downarrow} - \frac{L_\lambda{}^{\uparrow}}{\tau} \quad (4.19)$$

$$\psi_3 = L_\lambda{}^{\downarrow} \quad (4.20)$$

Artis & Carnahan Denklemi ile YYS Hesabı

Artis ve Carnahan (1982) tarafından kentsel alanlardaki konut çatılarındaki termogramların termal uydu görüntülerinden tespiti hedeflenmiştir. Yüzey yayınırlığı, termal bant ve karacisim ışıma sabiti alınarak hesaplanır.

$$T_s = \frac{T_b}{T_b \times \frac{\lambda}{a} \times \ln(\varepsilon) + 1} \tag{4.21}$$

T_s; Yer yüzey sıcaklığı değeri kelvin (K) cinsinden, T_b; Parlalık sıcaklığı kelvin (K) cinsinden, ε; yüzey yayınırlığı a; hc/K (1.438×10^{-2} mK), h; Planck sabiti (6.26×10^{-34} J/s), c; ışık hızı (2.998×10^{8} m/s), K; Boltzman sabiti (1.38×10^{-23} J/K), λ ; Landsat 5 ve Landsat 8 için 11.45 μm, 10.895 μm değerlerini almaktadır.

Yer Yüzey Sıcaklığının Filtrelenmesi

Meteoroloji istasyonlarının YYS değerlerini öne çıkarmak için ArcMap 10.5 yazılımı ile 5×5'lik ortalama filtre uygulanmıştır. Özelkan ve diğ., (2015) yılında iklim verilerinin YYS ve NDVI değerleri ile uyumlu olan filtrelemenin belirlenmesi için yaptıkları çalışmada 5×5 filtrelemenin YYS değerleri için 8 farklı filtrelemeye göre yüksek korelasyon sağladığı belirlenmiştir.

Doğruluk Analizi

Çalışmada iki farklı doğruluk arazi yapılmıştır. İlk olarak YYS ile hava sıcaklığı ilişkisi arasında doğruluk analizi yapılmıştır. İkinci olarak ise Landsat uydu görüntülerinden elde edilen AÖK haritalarının doğruluk analizleridir. YYS ile hava sıcaklığı arasındaki doğruluk analizi regnesyon- korelasyon analizi ve kök ortalama kare hata değeri (RMSE) ile gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işleminin doğrulu için kappa istastiksel yöntemi ile analiz gerçekleştirilmiştir.

Yer Yüzey Sıcaklığının Hava Sıcaklığı ile Doğruluk Analizi

Çalışmadaki YYS değerleri 14 farklı meteoroloji istasyonundan temin edilen Landsat uydu görüntüleri ile eş zamanlı saatlik veriler ile kıyaslanmıştır. Oluşturulan YYS değerlerinin doğruluğunu belirlemek için meteoroloji istasyonlarının eş zamanlı hava sıcaklık verileri ile karşılaştırılması ve en başarılı olan denklem regresyon-korelasyon analizi ve kök ortalama karesel hata (RMSE) değerleri ile belirlenmiştir. Regnesyon-korelasyon analizi yapılmasındaki amaç YYS değeri ile hava sıcaklığı değeri arasındaki yönü ve şiddeti belirlemektedir. YYS değerlerindeki hatanın büyüklüğünün belirlenmesi için istasyonlardan elde edilen hava sıcaklığı değeri YYS değerleri arasında RMSE değeri hesaplanmıştır.

Arazi Değişimi ve Kent alanları Sınıflandırılması Doğruluk Analizi

Sınıflandırmanın doğruluğu, kullanılan Landsat uydu görüntüsü referans alınarak elde edilmiştir. 14 farklı görüntünün her bir sınıfı için 40 nokta olmak üzere toplam 200 örneklem nokta belirlenmiş ve arazi kullanım sınıfı haritalarında doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir. 1985, 1990, 1991, 1995, 2000, 2001, 2004, 2005, 2009, 2010, 2014, 2015, 2019 ve 2020 yıllarına ait uydu görüntülerine uygulanan sınıflandırma işleminin doğruluk analizleri Kappa İstatistiği sonuçları "Tablo 3.6.'da" verilmiştir. Çalışmanın başarılı sonuç vermesi için Landsat uydu görüntülerinin sınıflandırma işleminde %85 doğruluk seviyesine ihtiyaç duyulmaktadır (Foody, 2000). Kappa değerininde 0.75 ve üzeri değerlerde daha başarılı sonuçlar ürettiği görülmüştür (Wondrade vd., 2014).

Tablo 3.6.

Yıllara Göre Sınıfların Doğruluk Analiz Sonuçları

Yıllara göre sınıfların doğruluk analizleri	Genel Doğruluk	Kappa Doğruluğu
1985	92	90.3
1990	95.5	94.5
1991	92.5	90.9
1995	96	95.1
2000	97	96.3
2001	96.5	95.7
2004	95.5	94.5
2005	96.5	95.7
2009	94	92.6
2010	91.5	89.6
2014	91.5	89.6
2015	90.5	88.4
2019	95	93.9
2020	96.5	95.7

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. YYS ile Meteoroloji İstasyonları ilişkisi

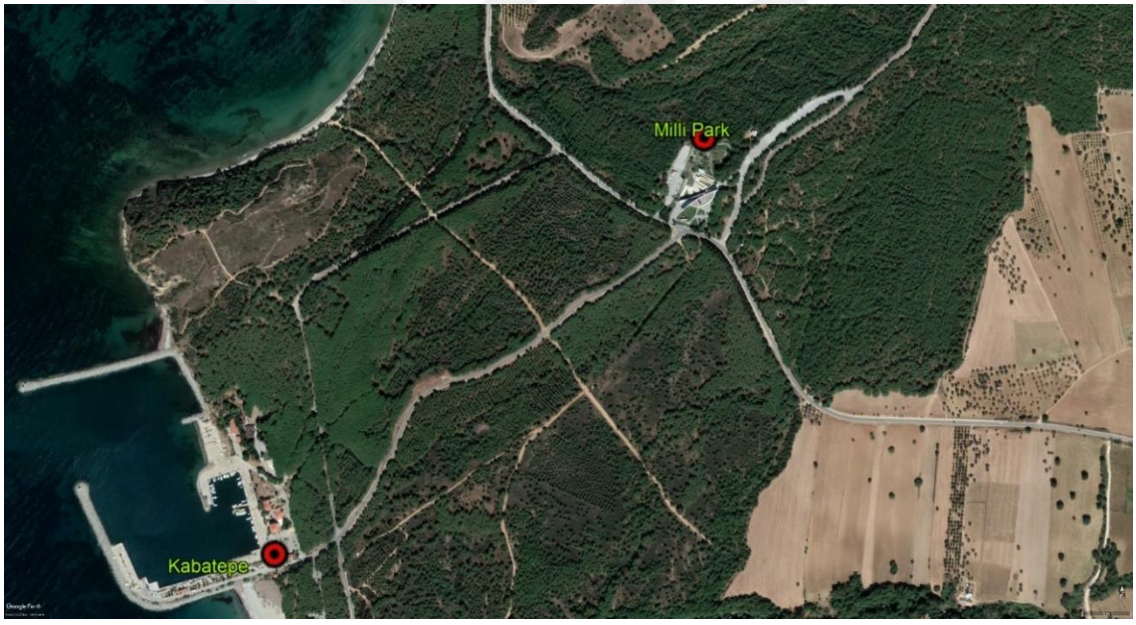
Dört farklı YYS denklemi ve 15 farklı meteoroloji istasyonu arasında pozitif korelasyon görülmüştür. Rüzgâr, antropojenik ısı, evatransprasyon, yüzey albedosu gibi etkenler yerleşim alanlarına etki etmesi çok yüksek korelasyonların görülmesine engel olmuştur. Yerleşim alanlarında bulunan istasyonların sıcaklık değerlerine etki denklemlerin pearson regnesyon korelasyon değerleri (R^2) 0.85'ın üzerinde olan meteoroloji istasyonları AC için Çan, Gülpınar ve Kabatepe, TK denklemi için Bayramiç, Kabatepe ve Çan, TP denklemi için Bayramiç ve Çan, RT Denklemi için Kabatepe, Milli Park ve Çan'dır. Çan meteoroloji istasyonu tüm denklemler ile yüksek korelasyon oluşturmaktadır. Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, ve Şekil 4.4.'de gösterilmiştir. Meteoroloji istasyonları ile hava sıcaklığı değerleri arasındaki ilişkiden elde edilen pearson katsayısı değerleri "Şekil 4.9.'da" gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Merkez ve Havaalanı İstasyonu



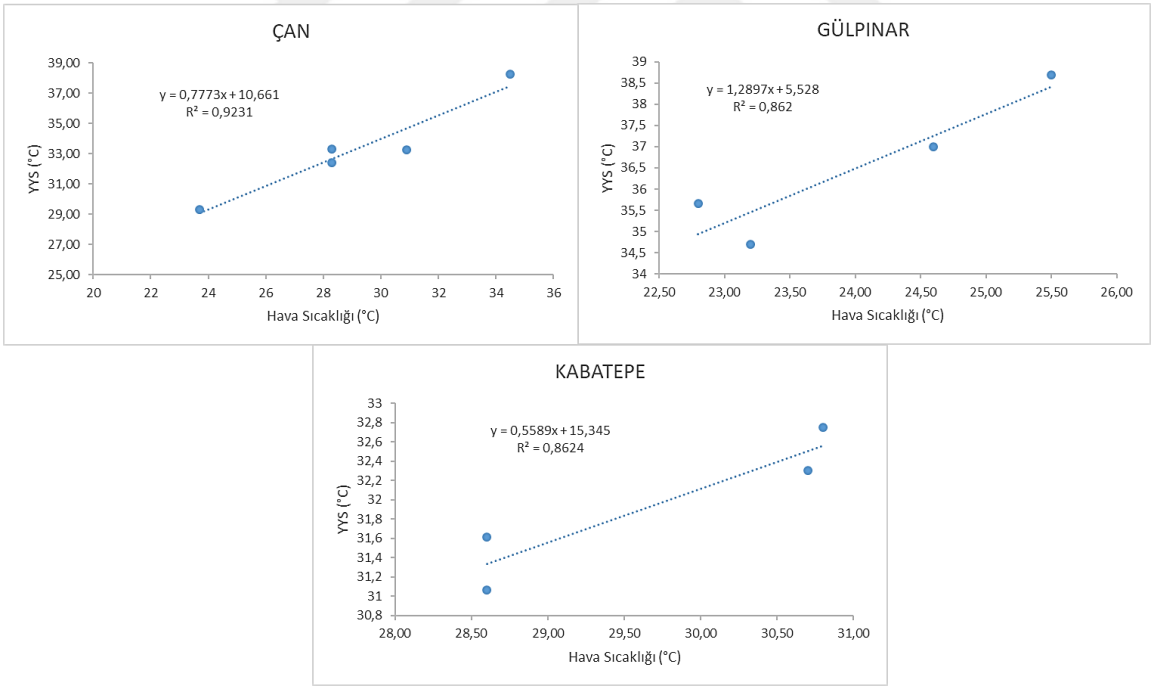
Şekil 4.2. Çan Meteoroloji İstasyonu



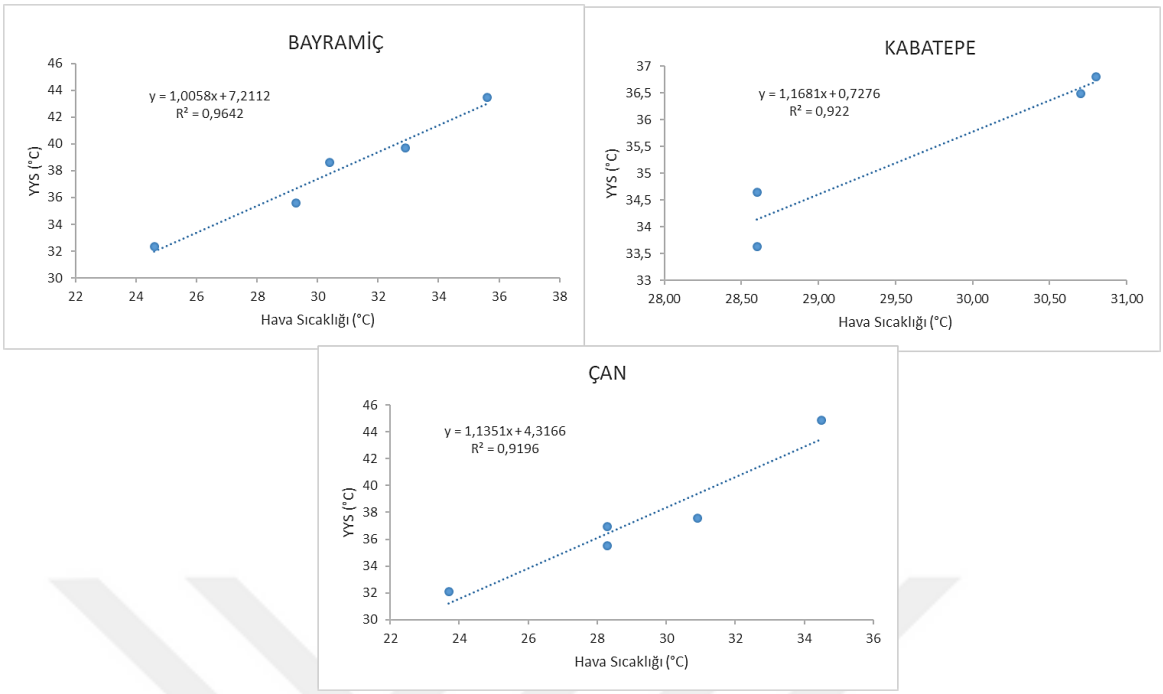
Şekil 4.3. Kabatepe ve Milli Park Meteoroloji İstasyonları



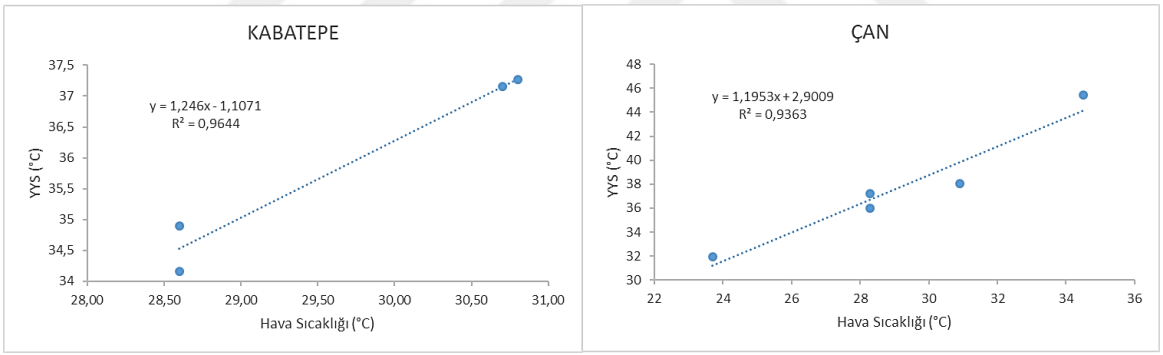
Şekil 4.4. Bayramiç Meteroloji İstasyonu



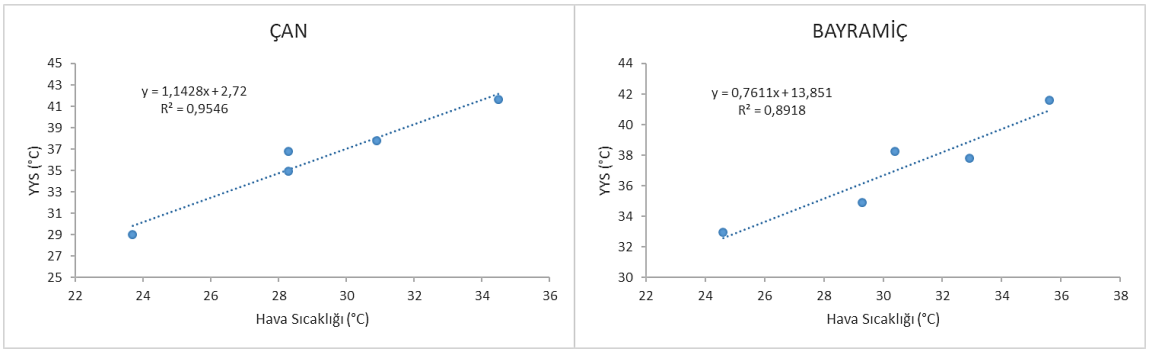
Şekil 4.5. Artis Carnahan Denklemi ile Anlamlı İlişiği Olan Meteoroloji İstasyonları Çan (a), Gülpınar (b), Kabatepe (c).



Şekil 4.6. Tek Kanal Denklemi ile Anlamlı İlişiği Olan Meteoroloji İstasyonları Bayramiç (a), Kabatepe (b), Çan (c).



Şekil 4.7. Radyatif Transfer Deklemi ile Anlamlı İlişiği Olan Meteoroloji İstasyonları Kabatepe (a), Çan (b).



Şekil 4.8. Tek Pencere İle Anlamlı İlişiği Olan Meteoroloji İstasyonları Çan (a), Bayramiç (b).

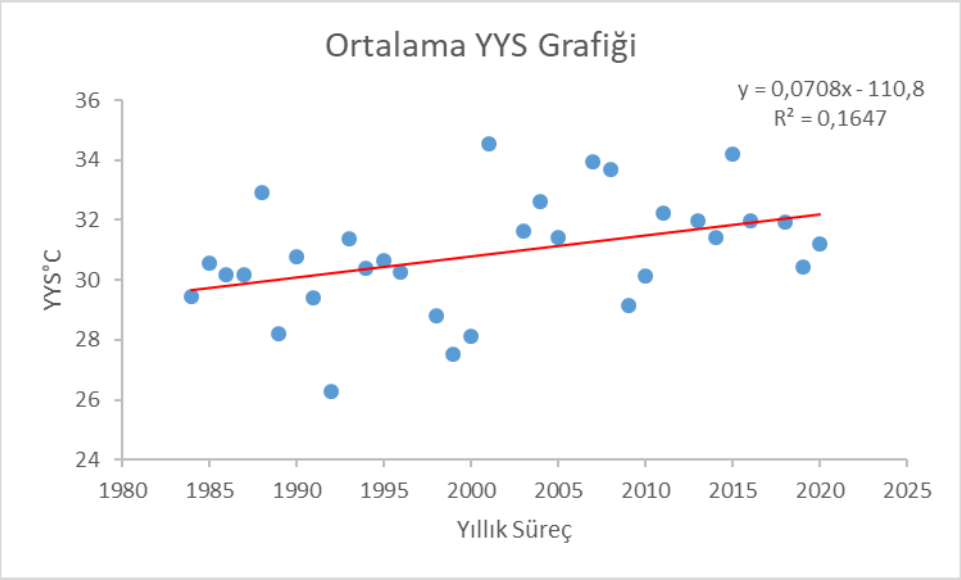
YYS ile meteoroloji istasyonları arasında pozitif yönde korelasyon mevcuttur. Çan meteoroloji istasyonu tüm denklemler için yüksek korelasyon içermesine rağmen tüm istasyonların ortalama korelasyon değerlerinin yakın olduğu görülmektedir. Ortalama korelasyon değerlerine göre başarı sıralaması AC (0.54), RT denklemi (0.5), TP (0.48), TK (0.48) şeklindedir. Bu yüzden dört farklı yöntem için RMSE hesaplanmıştır. Yerleşim alanlarının etkilerinden uzak olan Milli Park meteoroloji istasyonu tüm denklemler için en iyi RMSE değerlerini vermiştir. RMSE değerinin 0 değerine yakın olması doğruluğa yakınlığı belirtmektedir. Denklemlerin başarı sıralaması sırasıyla AC (0.71), TP (1.97) TK (3.34) ve RT Denklemi (3.83)'dir. Ortalama RMSE değerlerine göre denklemlerin başarı sıralaması AC (5.79), TP (8.96), TK (10.39) ve RT denklemi (10.84)'dür. Hava sıcaklığı ve meteoroloji istasyonları arasındaki ilişkiden oluşturulan RMSE değerleri "Şekil 4.9'de" gösterilmiştir.

Meteoroloji İstasyonu	Çalışılan Süre	Artis ve Carnahan		Tek Pencere		Tek Kanal		Radyatif Transfer	
		R^2	RMSE (°C)	R^2	RMSE (°C)	R^2	RMSE (°C)	R^2	RMSE (°C)
Çanakkale	1984-2020	0,57	5,09	0,53	7,38	0,33	9,07	0,53	9,36
Havaalanı	2007-2019	0,39	5,81	0,52	9,33	0,5	10,61	0,47	11,04
Kabatepe	2014-2019	0,86	2,31	0,8	4,33	0,92	5,72	0,96	6,2
Gelibolu	2014-2020	0,52	3,76	0,69	5,51	0,6	7,28	0,68	7,58
Mili Park	2014-2019	0,67	0,71	0,51	1,97	0,81	3,34	0,86	3,83
Biga	2013-2020	0,49	4,81	0	9,72	0,26	10,54	0,19	11,09
Kemer	2010-2020	0,34	6,07	0,26	10,42	0	12,27	0	12,65
Ayvacık	2014-2020	0,61	9,49	0,79	13,31	0,59	14,88	0,65	15,13
Gülpınar	2015-2019	0,86	12,5	0,62	16,59	0,78	17,67	0,74	18,22
Ezine	2007-2020	0,03	8,58	0	13,22	0	14,74	0	15,06
Yeniköy	2013-2020	0,24	9,76	0	13,22	0	14,97	0	15,36
Lapseki	2014-2020	0,29	3,74	0,39	5,64	0,37	7,1	0,47	7,46
Bayramiç	2015-2020	0,83	4,24	0,89	6,68	0,96	7,42	0,83	8,68
Çan	2014-2020	0,92	3,93	0,95	7,31	0,91	8,34	0,93	8,79
Yenice	2013-2020	0,46	6,16	0,26	9,9	0,14	11,94	0,17	12,21
En Düşük		0,24	0,71	0	1,97	0	3,34	0	3,83
En Yüksek		0,92	12,5	0,95	16,59	0,96	17,67	0,96	18,22
Ortalama R^2 ve RMSE		0,54	5,79	0,481	8,96	0,48	10,39	0,5	10,84

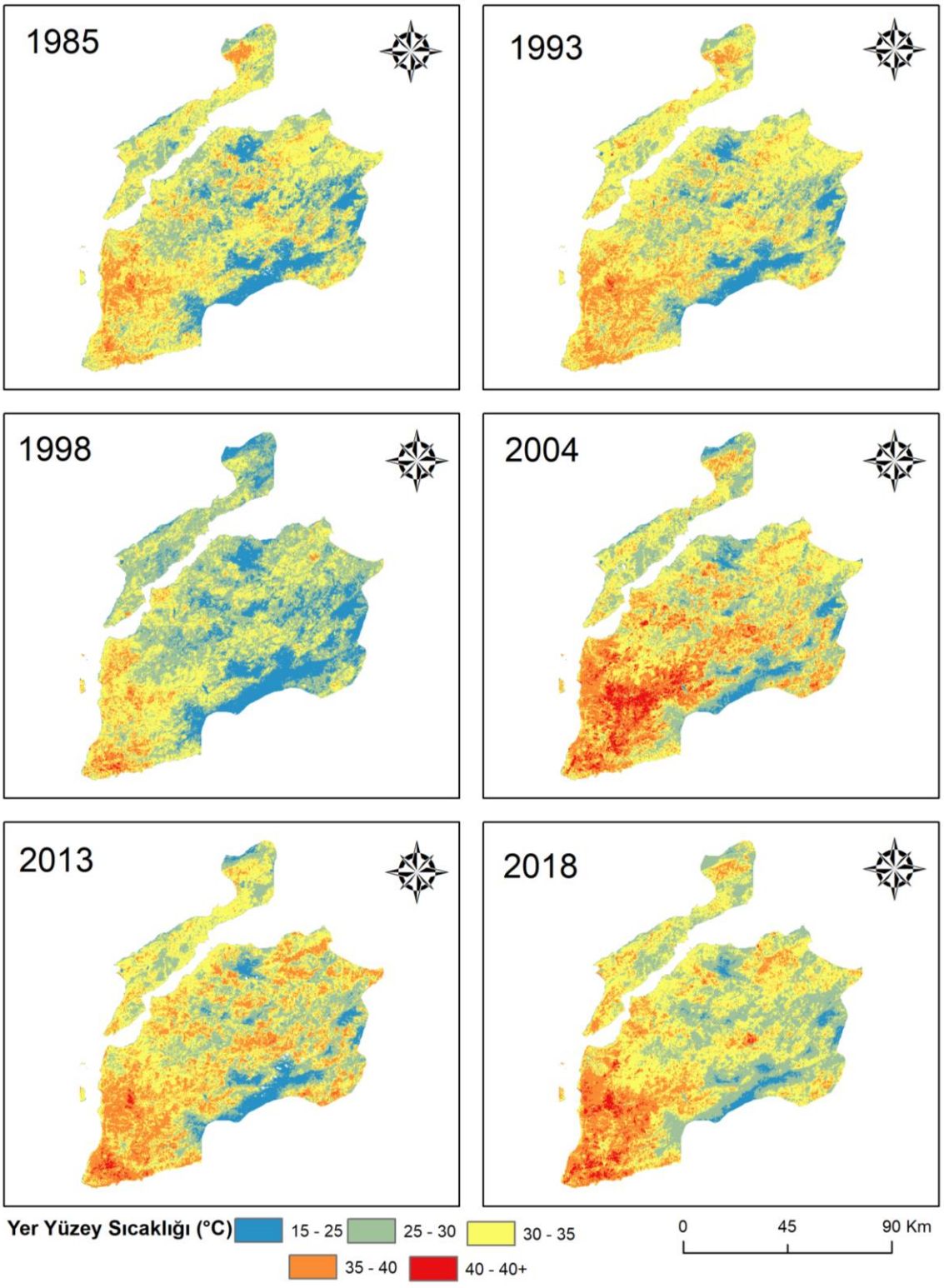
Şekil 4.9. Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı İle Hava Sıcaklık Değerleri Arasındaki RMSE ve R^2 İlişkisi

4.2. Yer Yüzey Sıcaklığı Denklemlerinin Değerlendirilmesi

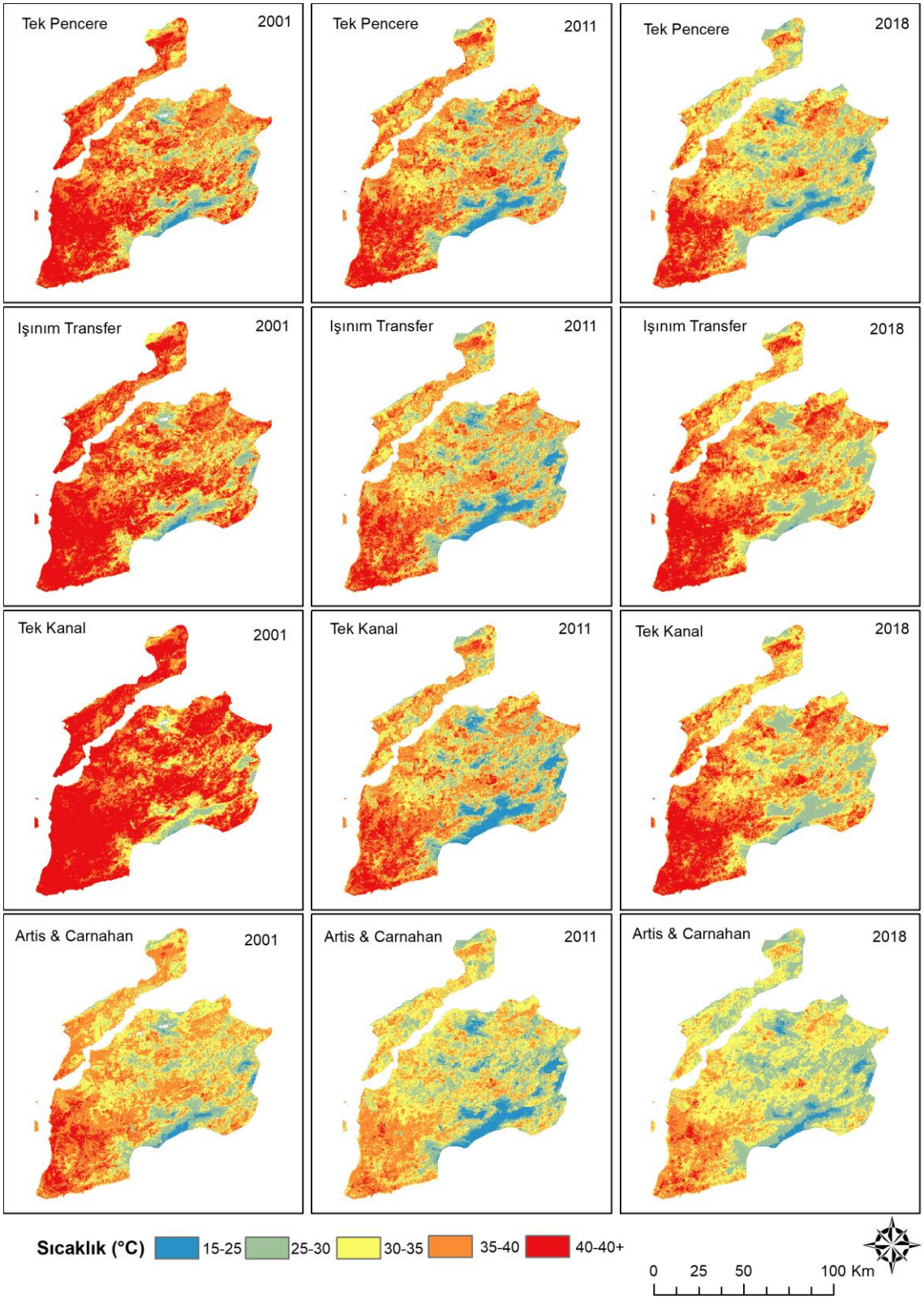
AC, Işınım Transfer Denklemi, TK ve TP denklemleri tek bir termal kanalın verilerini kullanarak oluşturulan denklemler olsa da her denklem kendi içerisinde farklı parametrelere sahiptir. Bu yüzden sıcaklık değerleri farklılıklar göstermektedir. Çalışmada kullanılan 4 farklı denklemde de yüzey yayınırlıkları ve termal uydu görüntüleri eş olarak kullanılmaktadır. AC yöntemini diğer denklemlerden ayıran özelliği kara cisim ve boltzman sabitlerinin içeriğinde sabit şekilde kullanılmasıdır. Fakat Işınım Transfer Denklemi ve TK denklemi kara cisimden meydana getirdiği soğurmayı yükselen ışınım ve alçalan ışınım olmak üzere ikiye ayırarak cisim üzerinde daha derin bilgileri içermektedir. TP, Işınım Transfer ve TK denklemleri ayrıca hava sıcaklığı ve nem yüzdesi kullanılarak hesaplanan atmosferik geçirgenlik değerini kullanmaktadır. Bu da her saat hatta her dakika zaman dilimi farklılar göstermektedir. Bizim bu verilere dakikalık şekilde ulaşamadığımızdan denklemler için net doğruluk söylenememektedir. Fakat yakın değerlerin oluşabilmesi için ulaşılabilen en yakın değerler kullanılmaktadır. Bu da bölge için en yakın değerlere ulaşmamızı sağlamaktadır. Yükselen ışınım, alçalan ışınım ve atmosferik geçirgenlik değerleri Barsi ve ark tarafından 2015 yılında online olarak hesaplama yapabilen MODTRAN tabanlı Atmosferik Parametre Hesaplayıcı ile elde edilmiştir. Kullanılan arayüzün 2000 yılı önceki verilere ulaşamamasından kaynaklı olarak TK, TP ve Işınım Transfer Denklemlerinden 2000 yılı önceki değerleri hesaplanamamıştır. Bu verilerden yararlanılarak dört farklı YYS'nin haritalar üzerindeki gösterimi yapılmıştır.



Şekil 4.10. Yıllık Süreç İçerisindeki Ortalama YYS Grafiği



Şekil 4.11. Çalışma Alanının Yıllık Süreç İçerisinde Artis ve Carnahan Denklemi Kullanılarak Elde Edilen Yer Yüzey Sıcaklığı Haritalarının Gösterimi 1985 (a), 1993 (a), 1998 (c), 2004 (d), 2013 (d), 2018 (e).



Şekil 4.12. Yer Yüzey Sıcaklığı Denklemlerinin 2001, 2011, 2018 Yıllarındaki Sıcaklık Haritası TP 2001 (a), TP 2011 (b), TP 2018 (c), RT 2001 (d), RT 2011 (e), RT 2018 (f), TK 2001 (g), TK 2011 (h), TK 2018 (i), AC 2001 (j), AC 2011(k), AC 2018 (l)

1985 yılında kırmızı renk tonunun fazla gözükmediği yani 40°C derecenin üstünde fazla bölgeye rastlanmadığı gözükmektedir. Bu etkileşim 2004 yılına kadar bu şekilde devam etmektedir. 2004 yılından itibaren daha çok çıplak arazi bölgesi içeresinde bulunan yerleşimlerin (Ayvacık, Ezine, Gülpınar, Behramkale) sıcaklık değerlerinin 40°C'nin üstüne çıkmaya başladığı ve ardındaki yıllarda da bu durumun hep görüldüğü gözükmektedir. Gelibolu Yarımadası genel olarak ormanlık alanların bulunduğu bir yerde olması ile 40 °C'nin üstünde değer almadığı görülmektedir. Aynı şekilde Çanakkale bölgesinin sağ alt kısmındaki mavi alanların bütün yıllarda 25°C'nin altında olduğu gözükmektedir. Bu alanlar yüksek orman örtüsüyle kaplı alanlardır.

TK, TP, Işınım Transfer ve AC denklemleri 2001, 2011,2018 yılı haritaları ile gösterilmiştir (Görüntü 2.1. Dört farklı YYS ilişkisi incelendiğinde ortak olarak görülenler, mavi renk ile gösterilen 15°C ile 25°C sıcaklık grubudur. Bu bölgeler orman alanlarını kapsamaktadır. Aynı zamanda Çanakkale bölgesindeki yüksek rakımlı yerlerin olduğu görülmektedir. Ayvacık, Ezine, Gürpınar, Kocaçeşme, Çan yerleşimlerinde kırmızı renkte gösterilen 40 °C ve üstü sıcaklık değerleri görülmüştür.

Dört farklı YYS denklemlerinden elde edilen sıcaklık değerleri incelendiğinde ortalama sıcaklıkları sırasıyla Işınım Transfer Denklemi (39.47°C), TK (39,00°C), TP (37.33°C) ve AC denklemi (32.82°C) olduğu görülmektedir. Ortalaması alınan maksimum sıcaklık değerleri açışından incelendiğinde sıralama Işınım Transfer Denklemi (56.22°C), TK (55.55C), TP (55.02°C) ve AC Denklemi (46.82°C) şeklindedir. En düşük ortalama sıcaklık değerlerinin ilişkisi sırasıyla TP (13.55°C), TK (15.44°C), Işınım Transfer Denklemi (15.63°C) ve AC Denklemi (16.81°C) şeklindedir.

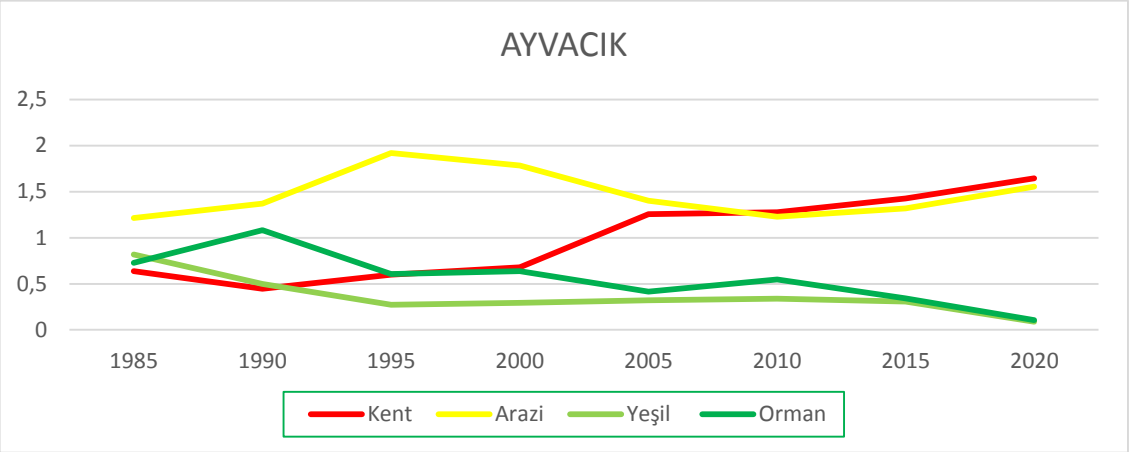
2000 yılı ile 2020 yılları arasındaki YYS'nin en fazla olduğu yıllar 2015, 2013, 2007 gibi son 15 yıllık zaman diliminde olduğu görülmüştür. AC Denkleminde 1984 ile 2020 yılları arasındaki YYS incelendiğinde en sıcak değerlerin 2000 yılı sonrası 2015, 2007, 2001 en düşük sıcaklık değerlerinin ise 1992, 1999, 2000 yılı şeklindedir.

4.3. Arazi Örtüsü Değişimi ve Kullanımının Değerlendirilmesi

AÖK için yerleşim, orman, çıplak arazi ve yeşil alan olmak üzere dört sınıf belirlenmiştir. 35 yıllık süreç ilçesinde 10 farklı ilçenin değişimi gözlemlenmiş ve şekil

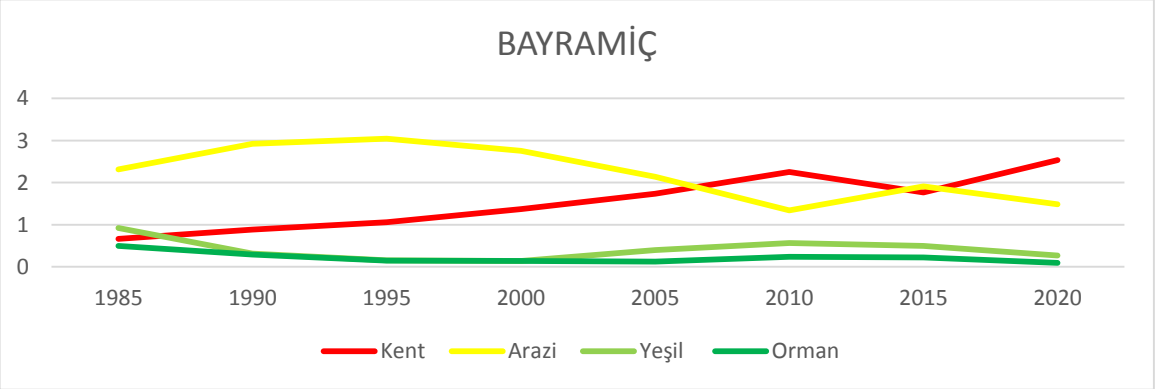
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 da gösterilmiştir. İlk olarak sınıflandırma 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 ve 2020 yıllarında yapılarak değerlendirilmek istense de Biga, Yenice ve Çan da belirli yıllarda bulutluluk oranın yüksek olmasından dolayı belirtilen ilçeler için 1991, 2001, 2004, 2009, 2014 ve 2019 yılları ayrı olarak sınıflandırılmıştır. Genel olarak arazi örtüsü incelendiğinde kent alanlarının yıllık süreç içerisinde artma eğiliminde, yeşil alan ve orman alanlarının ise azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. Kent alanın pozitif yönde en fazla değişim gösterdiği ilçe Çanakkale Merkezi (12 km^2) olurken en az Eceabat (0.5 km^2) ilçesi değişim göstermiştir. Yeşil alanlar ve orman alanları yıllık süreç içerisinde azalmaktadır. Fakat orman alanları bazı ilçelerde yok olma noktasına gelmiştir. Orman alanlarındaki değişim miktarının en fazla olduğu ilçeler Ayvacık (0.6 km^2), Bayramiç (0.4 km^2), Çan (1.4 km^2), Merkez (5 km^2), Ezine (0.3 km^2), Gelibolu (0.5 km^2), Lapseki (1.1 km^2) dir. Belirtilen ilçelerdeki değişim toplam orman alanlarına göre analiz edildiğinde büyük miktarda orman alanlarının azaldığı ortaya konmuştur. Yeşil alanlar için de durum çok farklı değildir. Tüm ilçelerde yeşil alanlar büyük miktarda azalmıştır. Çıplak arazi alanları için durum belirsizdir. Fakat her ilçe ayrı olarak incelendiğinde artma ya da azalma eğilimi içerisinde olduğu görülmektedir.

Ayvacık çalışma alanının 1985 ile 2020 yılları arasındaki arazi örtüsü genel olarak incelendiğinde kent alanları ve çıplak arazi alanlarında artış gözlemlenirken yeşil alan ve orman alanlarında azalma meydana gelmektedir. 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 ve 2020 yılları yıllarının arazi örtüsü ve değişimi incelendiğinde yerleşim alanları %18.74 den %48.44'e yükselmiştir. Yıllık yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 18.74, 13.19, 17.67, 20.01, 36.97, 37.67, 42.04, 48.44 şeklindedir. Kent alanları 1.01km^2 büyümüştür. Çıplak arazi alanları %35.72 den %45.86'a yükselmiştir. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 35.72, 40.31, 56.45, 52.56, 41,26, 36.22, 38.81, 45.86 şeklindedir. Çıplak arazi alanları 0.34 km^2 büyümüştür. Yeşil alanlar %24.06 den %2.62'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri sırasıyla 24.06, 14.64, 7.99, 8.64, 9.50, 9.98, 9.07, 2.62 şeklindedir. Yeşil alanlar 0,73 km^2 azalmıştır. Orman alanları %21.47'den %3.08'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri sırasıyla 21.47, 31.86, 17.89, 18.79, 12.27, 16.14, 10.09, 3.08 şeklindedir. Orman alanları 0.62 km^2 azalmıştır.



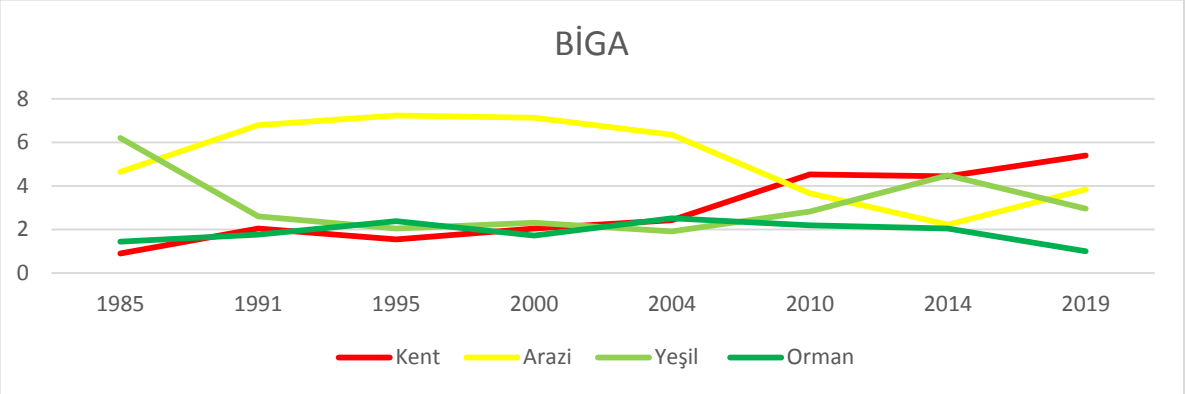
Şekil 4.13. Ayvacık Çalışma Alanı Arazi Örtüsü Değişimi

Bayramiç çalışma alanının 1985 ile 2020 yılları arasındaki arazi örtüsü ve değişimi genel olarak incelendiğinde kent alanlarında artış gözlemlenirken çıplak arazi, yeşil alan ve orman alanlarında azalma meydana gelmektedir. 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 ve 2020 yılları yıllarının arazi örtüsü ve değişimi incelendiğinde yerleşim alanları %15.13 den %57.86'e yükselmiştir. Yıllık yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 15.13, 19.99, 24.01, 31.12, 39.55, 51.25, 40.22 ve 57.86 şeklindedir. Kent alanları 1.87 km^2 büyümüştür. Çıplak arazi alanları %52.60 den %33.89'a azalmıştır. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 52.60, 66.34, 69.21, 62.62, 48.70, 30.47, 43.46, 33.89 şeklindedir. Çıplak arazi alanları 0.83 km^2 azalmıştır. Yeşil alanlar %20.95 den %6.14'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri sırasıyla 20.95, 7.12, 3.46, 3.08, 9.02, 12.86, 11.33, 6.14 şeklindedir. Yeşil alanlar 0,65 km^2 azalmıştır. Orman alanları %11.32'den %2.11'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri sırasıyla 11.32, 6.55, 3.32, 3.18, 2.73, 5.42, 5.00, 2.11 şeklindedir. Orman alanları 0.41 km^2 azalmıştır.



Şekil 4.14. Bayramiç Çalışma Alanı Arazi Örtüsü Değişimi

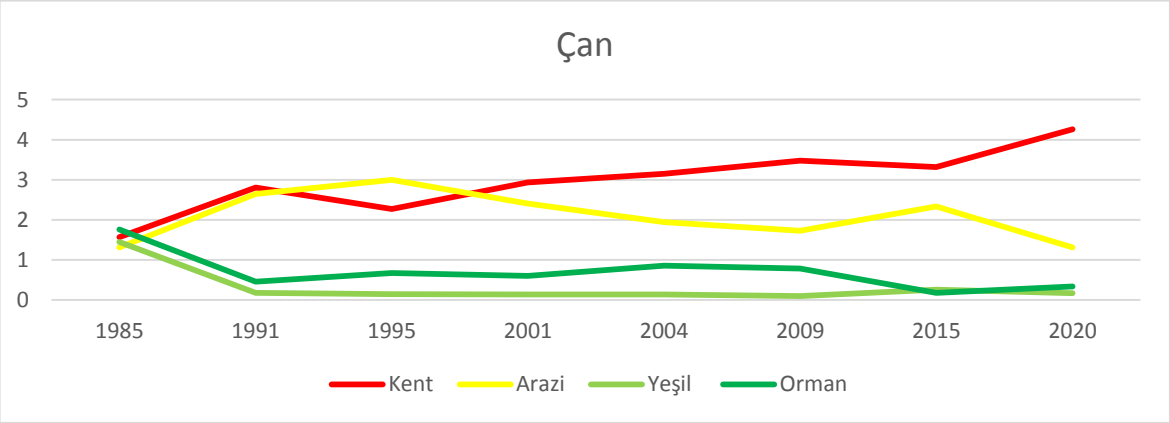
Biga çalışma alanının 1985 ile 2019 yılları arasındaki arazi örtüsü ve değişimi genel olarak incelendiğinde kent alanlarında artış gözlemlenirken çıplak arazi, yeşil alan ve orman alanlarında azalma meydana gelmektedir. 1985, 1991, 1995, 2000, 2004, 2010, 2014 ve 2019 yılları yıllarının arazi örtüsü ve değişimi incelendiğinde yerleşim alanları %6.83 den %40.95'e yükselmiştir. Yıllık yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 6.83, 15.46, 11.74, 15.44, 18.35, 34.30, 33.63 ve 40.95 şeklindedir. Kent alanları 4.5 km^2 büyümüştür. Çıplak arazi alanları %35.21 den %29.06'a azalmıştır. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 35.21, 51.45, 54.76, 54.07, 48.11, 27.69, 16.87, 29.06 şeklindedir. Çıplak arazi alanları 0.81 km^2 azalmıştır. Yeşil alanlar %46.99 dan %22.42'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri 46.99, 19.73, 15.48, 17.47, 14.52, 21.44, 34.03, 22.42 şeklindedir. Yeşil alanlar 3.24 km^2 azalmıştır. Orman alanları %10.96'dan %7.56'a düşmüştür. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 10.96, 13.36, 18.02, 13.03, 19.02, 16.57, 15.46 ve 7.56 şeklindedir. Orman alanları 0.45 km^2 azalmıştır.



Şekil 4.15. Biga Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi

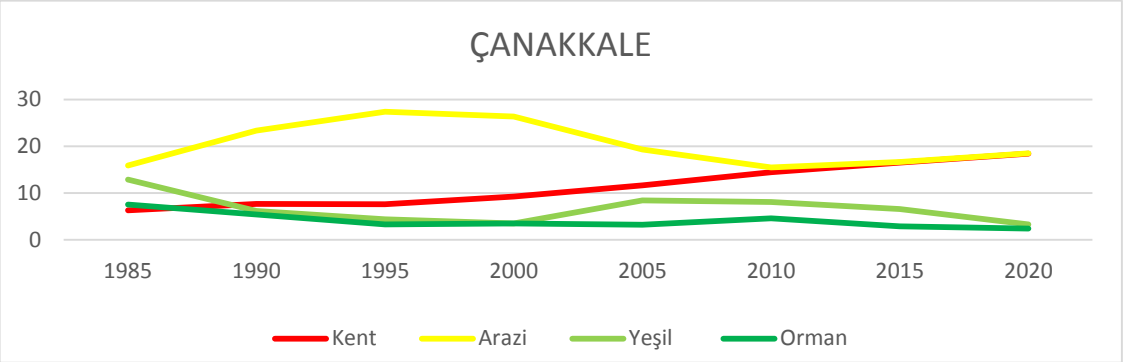
Çan çalışma alanının 1985 ile 2020 yılları arasındaki arazi örtüsü ve değişimi genel olarak incelendiğinde kent alanlarında artış gözlemlenirken yeşil alan ve orman alanlarında azalma meydana gelmektedir. 1985, 1991, 1995, 2001, 2004, 2009, 2015 ve 2020 yılları yıllarının arazi örtüsü ve değişimi incelendiğinde yerleşim alanları %25.71'den %70.11'e yükselmiştir. Yıllık yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 25.71, 46.07, 37.29, 48.23, 51.78, 57.10, 54.54 ve 70.11 şeklindedir. Kent alanları 2.7 km^2 büyümüştür. Çıplak arazi alanları %21.50'den %21.54'e artmıştır. Diğer arazi örtülerinin değişimleri düşünüldüğünde bu artış ya da azalış olduğunu göstermez. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 21.50, 43.44, 49.30,

39.61, 31.96, 28.39, 38.37 ve 21.54 şeklindedir. Yeşil alanlar %23.80 dan %2.82'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri 23.80, 2.94, 2.33, 2.28, 2.23, 1.59, 4.18 ve 2.82 şeklindedir. Yeşil alanlar 1.28 km^2 azalmıştır. Orman alanları %28.99'dan %7.55'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 28.99, 7.55, 11.08, 9.88, 14.03, 12.92, 2.90 ve 5.53 şeklindedir. Orman alanları 1.43 km^2 azalmıştır.



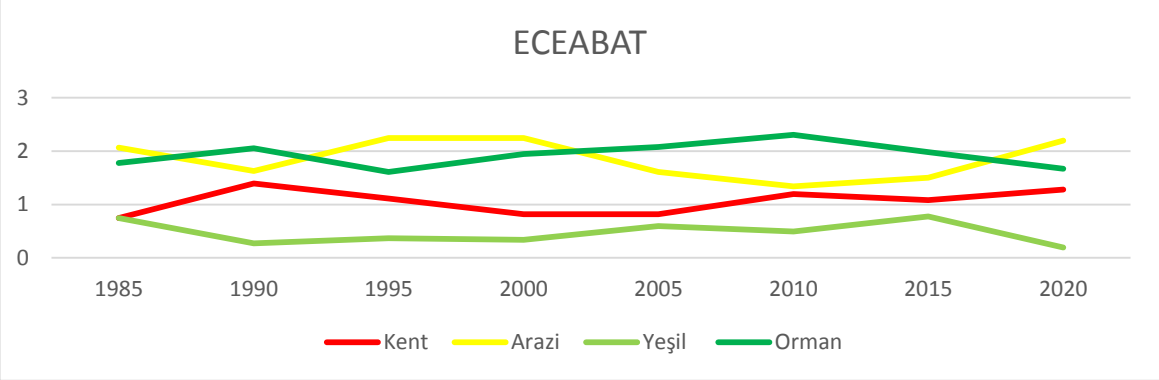
Şekil 4.16. Çan Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi

Çanakkale çalışma alanının 1985 ile 2020 yılları arasındaki arazi örtüsü ve değişimi genel olarak incelendiğinde kent alanlarında ve çıplak arazi alanlarında artış gözlemlenirken yeşil alan ve orman alanlarında azalma meydana gelmektedir. 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 ve 2020 yılları yıllarının arazi örtüsü ve değişimi incelendiğinde yerleşim alanları %14.8'den %43.18'e yükselmiştir. Yıllık yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 14.84, 18.00, 17.86, 21.72, 27.28, 33.84, 38.72 ve 43.18 şeklindedir. Kent alanları 12 km^2 büyümüştür. Çıplak arazi alanları %37.22'den %43.38'e artmıştır. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 37.22, 54.82, 64.19, 61.87, 45.38, 36.39, 39.04 ve 43.38 şeklindedir. Çıplak arazi alanları 2.62 km^2 artmıştır. Yeşil alanlar %30.27 dan %7.73'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri 30.27, 14.53, 10.25, 8.15, 19.72, 18.91, 15.51 ve 7.73 şeklindedir. Yeşil alanlar 9.61 km^2 azalmıştır. Orman alanları %17.67'dan %5.72'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 17.67, 12.66, 7.70, 8.27, 7.62, 10.86, 6.73 ve 5.72 şeklindedir. Orman alanları 5.1 km^2 azalmıştır.



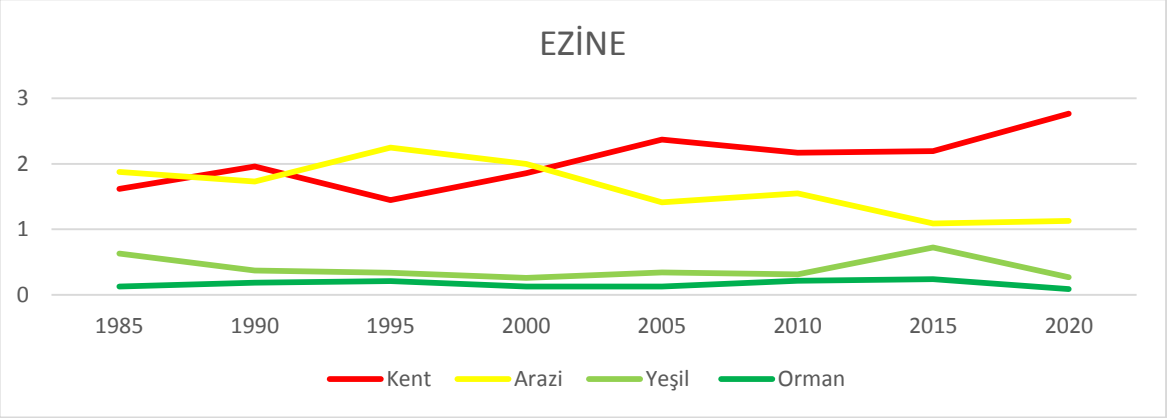
Şekil 4.17. Çanakkale Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi

Eceabat çalışma alanının 1985 ile 2020 yılları arasındaki arazi örtüsü ve değişimi genel olarak incelendiğinde kent alanlarında ve çıplak arazi alanlarında artış gözlemlenirken yeşil alan ve orman alanlarında azalma meydana gelmektedir. 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 ve 2020 yılları yıllarının arazi örtüsü ve değişimi incelendiğinde yerleşim alanları %13.98'den %24.0'e yükselmiştir. Yıllık yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 13.98, 26.04, 20.87, 15.34, 16.07, 22.43, 20.23 ve 24.00 şeklindedir. Kent alanları 0.54 km^2 büyümüştür. Çıplak arazi alanları %38.74'den %41.11'e artmıştır. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 38.74, 30.49, 42.08, 41.95, 31.57, 25.11, 28.17 ve 41.11 şeklindedir. Çıplak arazi alanları 0.13 km^2 artmıştır. Yeşil alanlar %13.93 dan %3.63'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri 13.93, 5.05, 6.91, 6.32, 11.64, 9.27, 14.49 ve 3.63 şeklindedir. Yeşil alanlar 0.55 km^2 azalmıştır. Orman alanları %33.35'dan %31.26'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 33.35, 38.42, 30.14, 36.39, 40.72, 43.18, 37.11 ve 31.26 şeklindedir. Orman alanları 0.11 km^2 azalmıştır.



Şekil 4.18. Eceabat Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi

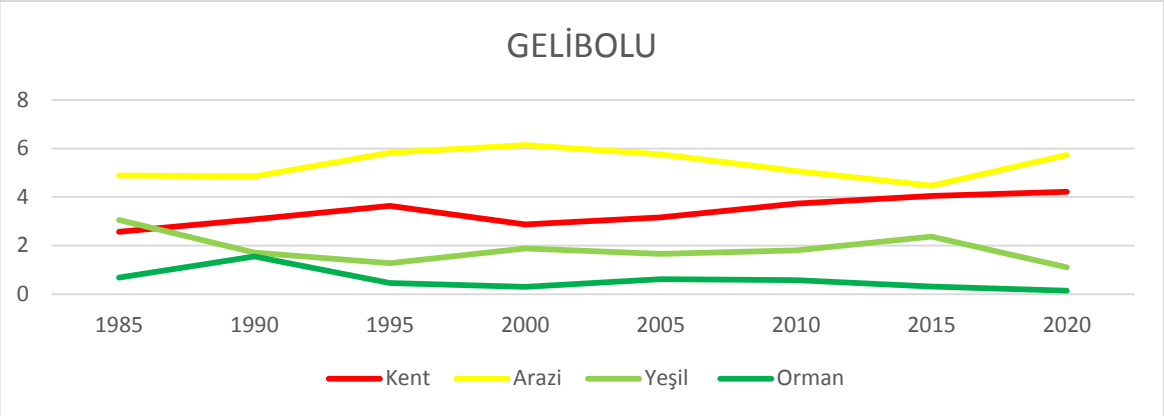
Ezine çalışma alanının 1985 ile 2020 yılları arasındaki arazi örtüsü ve değişimi genel olarak incelendiğinde kent alanlarında artış gözlemlenirken çıplak arazi, yeşil alan ve orman alanlarında azalma meydana gelmektedir. 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 ve 2020 yılları yıllarının arazi örtüsü ve değişimi incelendiğinde yerleşim alanları %38.05'den %65.13'e yükselmiştir. Yıllık yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 38.05, 46.20, 34.13, 43.81, 55.81, 51.08, 51.76 ve 65.13 şeklindedir. Kent alanları 1.15 km^2 büyümüştür. Çıplak arazi alanları %44.25'den %26.56'e azalmıştır. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 44.25, 40.78, 52.99, 47.18, 33.21, 36.50, 25.64 ve 26.56 şeklindedir. Çıplak arazi alanları 0.75 km^2 azalmıştır. Yeşil alanlar %14.76 dan %6.29'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri 14.76, 8.70, 7.92, 6.02, 8.04, 7.35, 17.01 ve 6.29 şeklindedir. Yeşil alanlar 0.36 km^2 azalmıştır. Orman alanları %2.94'dan %2.02'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 2.94, 4.32, 4.96, 2.99, 2.94, 5.07, 5.58 ve 2.02 şeklindedir. Orman alanları 0.04 km^2 azalmıştır.



Şekil 4.19. Ezine Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi

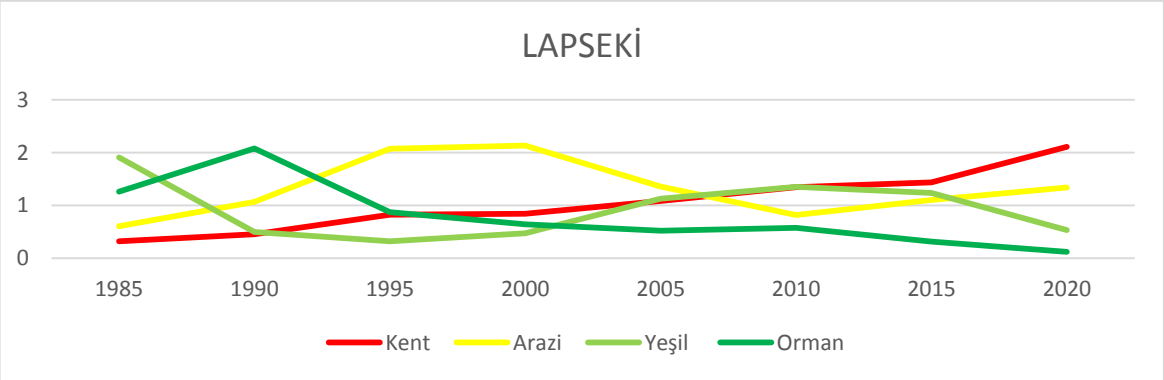
Gelibolu çalışma alanının 1985 ile 2020 yılları arasındaki arazi örtüsü ve değişimi genel olarak incelendiğinde kent alanlarında artış gözlemlenirken çıplak arazi, yeşil alan ve orman alanlarında azalma meydana gelmektedir. 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 ve 2020 yılları yıllarının arazi örtüsü ve değişimi incelendiğinde yerleşim alanları %22.96'den %37.68'e yükselmiştir. Yıllık yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 22.96, 27.54, 32.42, 25.65, 28.17, 33.33, 36.09 ve 37.68 şeklindedir. Kent alanları 1.65 km^2 büyümüştür. Çıplak arazi alanları %43.67'den %51.15'e artmıştır. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 43.67, 43.24, 51.99, 54.84, 51.44, 45.33, 39.89 ve 51.15 şeklindedir. Çıplak arazi alanları 0.84 km^2 artmıştır. Yeşil alanlar %27.29 dan %9.92'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri 27.29, 15.31, 11.44, 16.82, 14.85, 16.14, 21.22 ve 9.92 şeklindedir. Yeşil alanlar 1.95 km^2 azalmıştır.

Orman alanları %6.08'dan %1.25'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri ise 6.08, 13.91, 4.15, 2.69, 5.53, 5.20, 2.80 ve 1.25 şeklindedir. Orman alanları 0.54 km^2 azalmıştır.



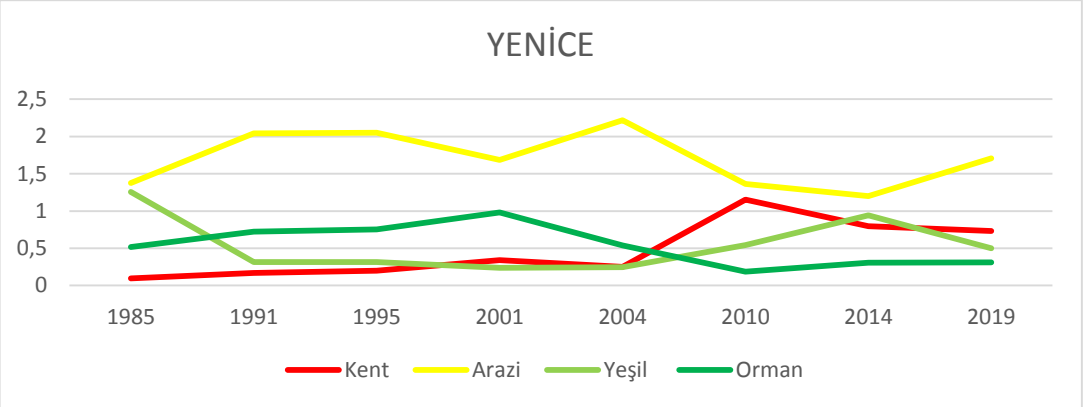
Şekil 4.20.Gelibolu Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi

Lapseki çalışma alanının 1985 ile 2020 yılları arasındaki arazi örtüsü ve değişimi genel olarak incelendiğinde kent alanlarında artış gözlemlenirken çıplak arazi, yeşil alan ve orman alanlarında azalma meydana gelmektedir. 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 ve 2020 yılları yıllarının arazi örtüsü ve değişimi incelendiğinde yerleşim alanları %7.74'den %51.49'e yükselmiştir. Yıllık yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 7.74, 11.13, 20.13, 20.53, 26.49, 32.90, 35.07 ve 51.49 şeklindedir. Kent alanları 1.79 km^2 büyümüştür. Çıplak arazi alanları %14.85'den %32.67'e artmıştır. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 14.85, 26.07, 50.66, 52.19, 33.17, 19.95, 27.03 ve 32.67 şeklindedir. Çıplak arazi alanları 0.73 km^2 artmıştır. Yeşil alanlar %46.60 'dan %12.94'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri 46.60, 12.05, 7.90, 11.58, 27.55, 33.13, 30.28 ve 12.94 şeklindedir. Yeşil alanlar 1.38 km^2 azalmıştır. Orman alanları %30.81'dan %2.90'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri ise 30.81, 50.74, 21.32, 15.71, 12.79, 14.02, 7.63 ve 2.90 şeklindedir. Orman alanları 1.14 km^2 azalmıştır.



Şekil 4.21. Lapseki Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi

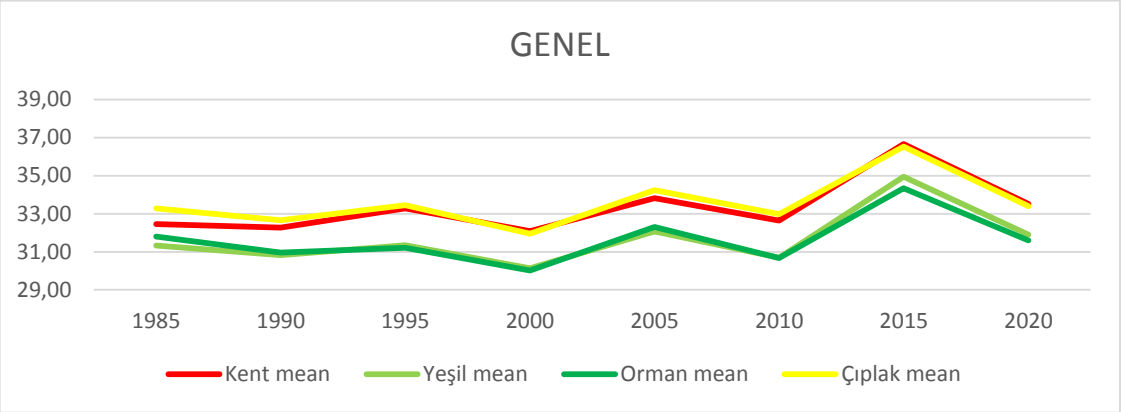
Yenice çalışma alanının 1985 ile 2019 yılları arasındaki arazi örtüsü ve değişimi genel olarak incelendiğinde kent alanlarında ve çıplak arazi artış gözlemlenirken yeşil alan ve orman alanlarında azalma meydana gelmektedir. 1985, 1991, 1995, 2001, 2004, 2010, 2014 ve 2019 yılları yıllarının arazi örtüsü ve değişimi incelendiğinde yerleşim alanları %3.01'den %22.53'e yükselmiştir. Yıllık yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 3.01, 5.24, 5.94, 10.44, 7.76, 35.53, 24.55 ve 22.53 şeklindedir. Kent alanları 0.63 km^2 büyümüştür. Çıplak arazi alanları %42.39'den %52.53'e artmıştır. Yüzdesel değişimleri ise sırasıyla 42.39, 62.90, 61.92, 51.96, 68.20, 41.96, 37.02 ve 52.53 şeklindedir. Çıplak arazi alanları 0.33 km^2 artmıştır. Yeşil alanlar %38.71 'dan %15.44'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri 38.71, 9.64, 9.44, 7.33, 7.53, 16.74, 29.01 ve 15.44 şeklindedir. Yeşil alanlar 0.76 km^2 azalmıştır. Orman alanları %15.89'dan %9.51'e düşmüştür. Yüzdesel değişimleri ise 15.89, 22.22, 22.70, 30.27, 16.50, 5.78, 9.42 ve 9.51 şeklindedir. Orman alanları 0.21 km^2 azalmıştır.



Şekil 4.22. Yenice Çalışma Alanının Arazi Örtüsü ve Değişimi

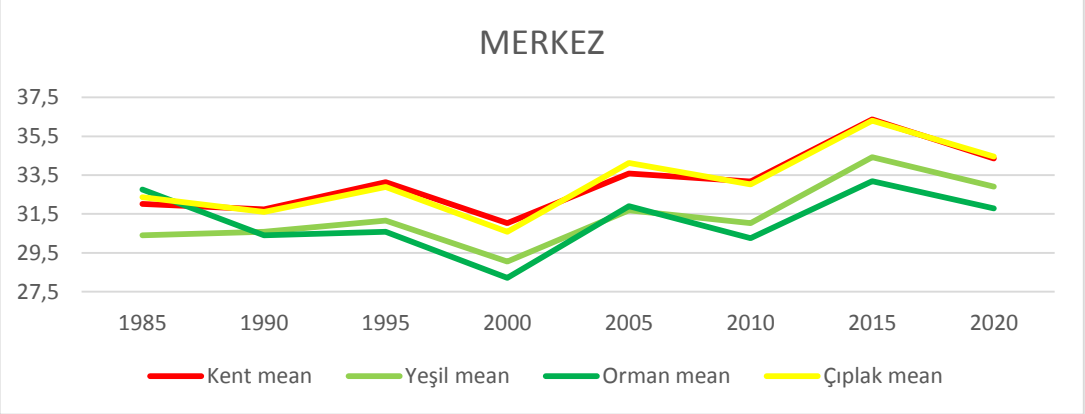
4.4. YYS ile arazi örtüsü ilişkisi

Yıllık süreç içerisinde farklı AÖK'ları YYS değerlerinde değişkenlik göstermektedir. 7 ilçe (Ayvacık, Bayramiç, Eceabat, Ezine, Lapseki, Gelibolu, Merkez) için 1985,1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 yılları, 3 ilçe (Biga, Çan, Yenice) için de ayrıca bulutluluk oranlarının yüksek olmasından kaynaklı olarak 1991,2001,2004, 2014,2019 yıllarının kullanıldığı kent, orman, çıplak arazi ve yeşil alanların YYS değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular genel olarak geçmişten günümüze geldikçe dört farklı arazi örtüsünde de YYS'nin arttığı görülmüştür. 1985 yılında arazi örtülerinin YYS değerleri yüksekten alçağa göre sıralandığından sırasıyla çıplak arazi, kent alanı, orman ve yeşil alan olduğu görülmektedir. 2020 yılına gelindiğinde ise bu sıralama kent alanı, çıplak arazi, yeşil alan ve orman alanı şeklinde değişmektedir.



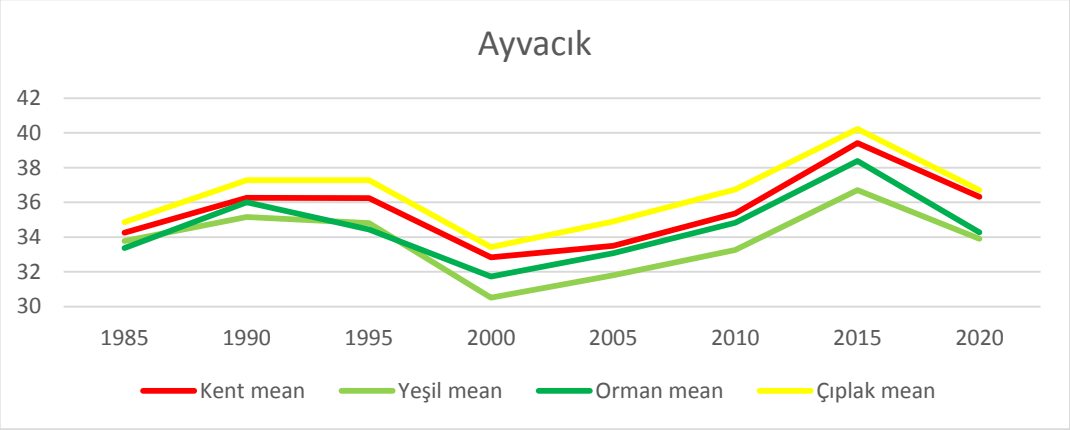
Şekil 4.23. İlçelerin Yıllık Süreç İçerisindeki Ortalama Yer Yüzeyi Sıcaklıkları

Tüm ilçeler için genel bir ortalama alınarak yapılan değerlendirmeye göre en yüksek değerlerin 2015 yılında en düşük değerlerin ise 2000 yılında olduğu görülmüştür. Kent alanlarındaki YYS değeri 32.46 °C den 33.52 °C ye yükselmiştir. Yıllık süreç içerisinde 32.46, 32.27, 33.27, 32.9, 33.83, 32.64, 36.66 ve 33.52°C şeklindedir. Zaman zaman sıcaklık değerlerinde değişkenlikler olduğu görülse de genel olarak sıcaklık değerlerinde bir artış olduğu söylenebilir. Orman alanları 31.79 °C den 31.60°C ye azalmıştır. Yıllık süreç içerisinde 31.79, 30.95, 31.20, 30.02, 30.67, 34.33 ve 31.60°C şeklindedir. Çıplak arazi 33.28 dan 33.40 °C ye yükselmiştir. Yıllık süreç içerisinde 33.28, 32.65, 33.45, 31.95, 34.24, 32.97, 36.53 ve 33.40°C şeklindedir. Yeşil alanlar 31.33 den 31.90°C ya yükselmiştir. Yıllık süreç içerisinde 31.33, 30.82, 31.34, 30.14, 32.07, 30.68, 34.94 ve 31.90°C şeklindedir. Yıllık süreç içerisinde farklı zaman dilimlerinde sınıflar arasındaki sıcaklık değişimleri her ilçe için ayrı olarak değerlendirilmiştir.



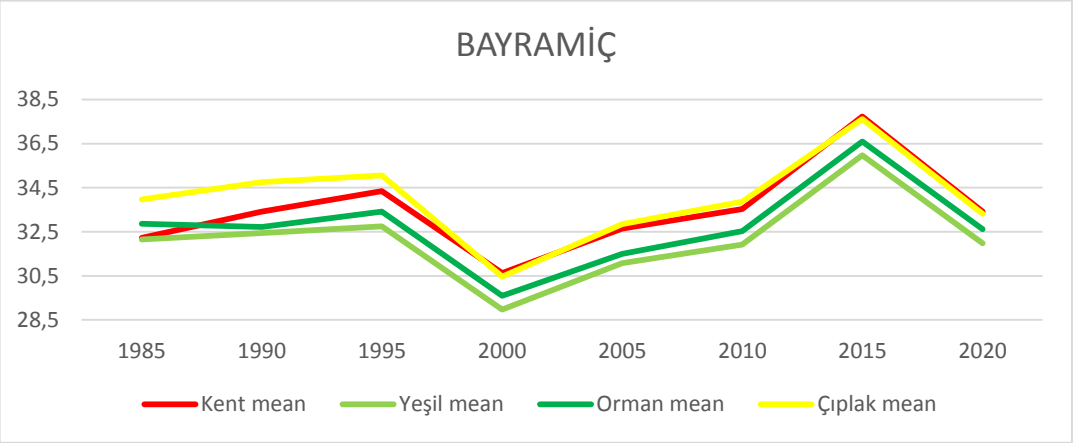
Şekil 4.24. Merkez İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıklıkları

Merkez ilçesi incelendiğinde genel olarak çıplak araziler ile kent alanlarının yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Yeşil alanlar kısmen orman alanlarına göre daha sıcak değerlerde olmalarına rağmen ara ara değişkenlik göstermektedir. 1985 yılında orman alanı olarak belirtilen bölgenin yüksek sıcaklık değerlerini oluşturması orman alanlarının o yılda beklenilen sıcaklık değerlerinin üstünde bir değere sahip olmasına neden olmuştur. Genel olarak merkez ilçesindeki YYS değerlerine bakıldığında 1985 yılında orman alanı, çıplak arazi, kent alanı ve yeşil alan olarak sıcaklık değerlerinin değiştiği görülmekte iken 2020 yılına gelindiğinde çıplak arazi, kent alanı, yeşil alan ve orman alanı şeklinde sıcaklık değerlerinin sıralamasının değiştiği görülmektedir. En yüksek sıcaklık değerlerine 2015 yılında rastlanmış ve en düşük sıcaklık değerlerine ise 2010 yılında rastlanılmıştır.



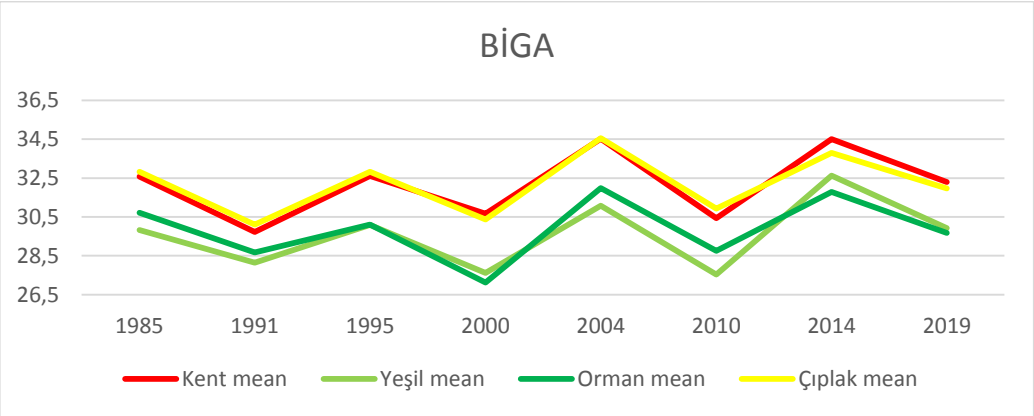
Şekil 4.25. Ayvacık İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıklıkları

Ayvacık ilçesi incelendiğinde genel olarak çıplak araziler en sıcak değere sahip iken yeşil alanlar en düşük sıcaklık değerlerine sahip olduğu görülmektedir. 2015 yılında en yüksek sıcaklık değerleri görülürken 2000 yılında en düşük sıcaklık değerlerine rastlanmıştır. 1985 yılında çıplak arazi, kent alanı, yeşil alan ve orman alanı şeklinde sıcaklık değerlerine göre sıralanmakta iken 2020 yılına gelindiğinde bu sıralama çıplak arazi, kent alanı, orman ve yeşil alan şeklinde değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.26. Bayramiç İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıklıkları

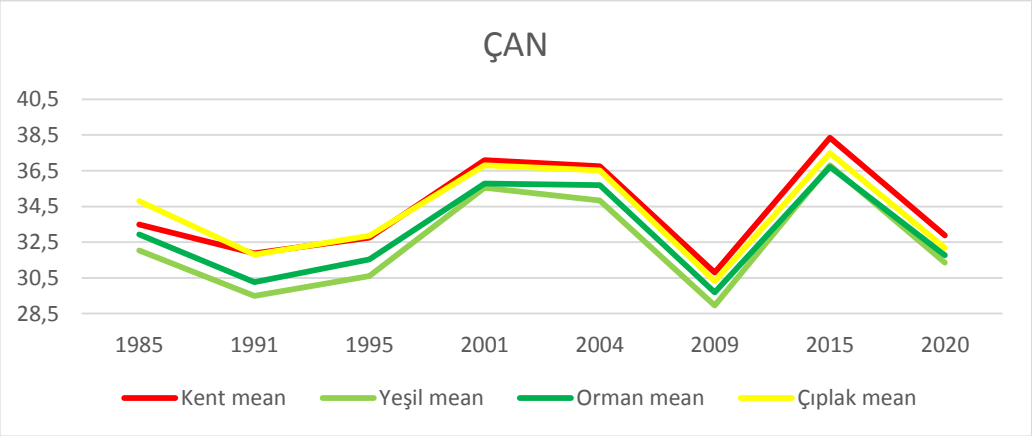
Bayramiç ilçesinin arazi örtüsü sıcaklık değerleri incelendiğinde genel olarak çıplak araziler en yüksek sıcaklık değerlerine sahip iken 2015 yılından sonra kent alanlarının daha sıcak değerlerine ulaştığı görülmektedir. 2015 yılında en yüksek sıcaklık değerleri görülürken 2000 yılında en düşük sıcaklık değerlerine rastlanmaktadır. 1985 yılında sınıfların YYS değerlerine göre sıralandığında çıplak arazi, orman alanı, kent alanı ve yeşil alan şeklinde olduğu görülmekte iken 2020 yılına gelindiğinde sıralama kent alanı, çıplak alan, orman alanı ve yeşil alan şeklinde değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.27. Biga İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıklıkları

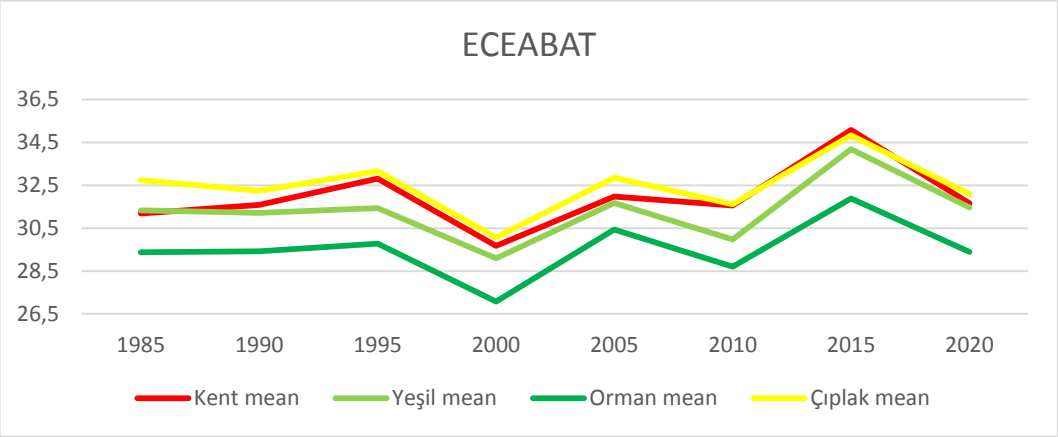
Biga ilçesinin arazi örtüsü sıcaklık değerleri incelendiğinde kent alanları ile çıplak arazileri çok yakın değerlerde orman alanları ve yeşil alanlar ise kendi aralarında yakın

değerlere sahip olduğu görülmektedir. Diğer ilçeler göz önüne alındığında çıplak alan ve kent alanı sıcaklık değerleri ile yeşil alan ve orman alanı sıcaklık değerleri arasında yaklaşık 3-4°C fark olduğu görülmektedir. En yüksek sıcaklık değerlerine 2004 ve 2014 yılında ulaşılırken en düşük sıcaklık değerlerine 2000 yılında rastlanılmaktadır. 1985 yılında sınıflar YYS değerlerine göre sıralandığında çıplak arazi, kent alanı, orman ve yeşil alan iken 2020 yılında bu sıralama kent alanı, çıplak alan, yeşil alan ve orman alanı şeklinde değişime uğramıştır.



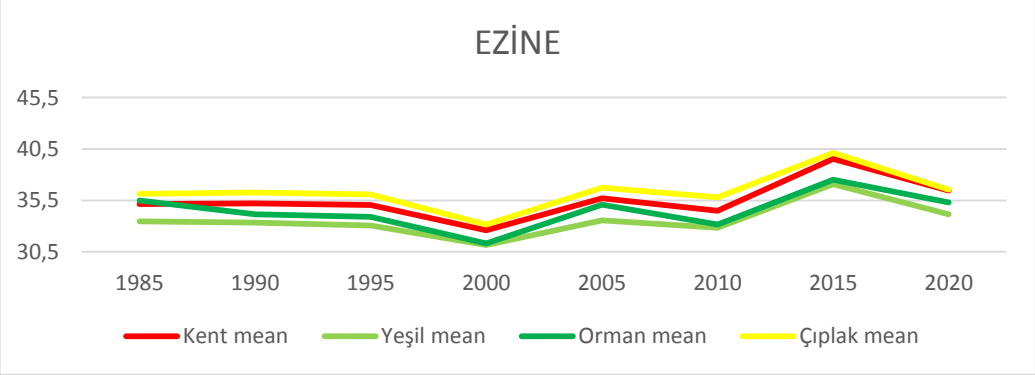
Şekil 4.28. Çan İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıklıkları

Çan ilçesinin arazi sınıflarının sıcaklık değerleri incelendiğinde dört farklı sınıfında yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. Diğer ilçelerde sınıfalar arasındaki sıcaklık değerleri farkları 4°C ye kadar çıkmakta iken Çan ilçesinde bu değerler yaklaşık 0.5°C civarında olduğu görülmektedir. En yüksek sıcaklık değerlerine 2015 yılında rastlanırken en düşük sıcaklık değerlerine 1991 ve 2009 yıllarında rastlanılmaktadır. 1985 yılında sınıfların sıcaklık değerlerine sıralaması çıplak alan, kent alanı, orman alanı ve yeşil alan şeklinde iken 2020 yılına gelindiğinde kent alanı, çıplak alan, orman alanı ve yeşil alan şeklinde sıralamanın değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.29. Eceabat İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıklıkları

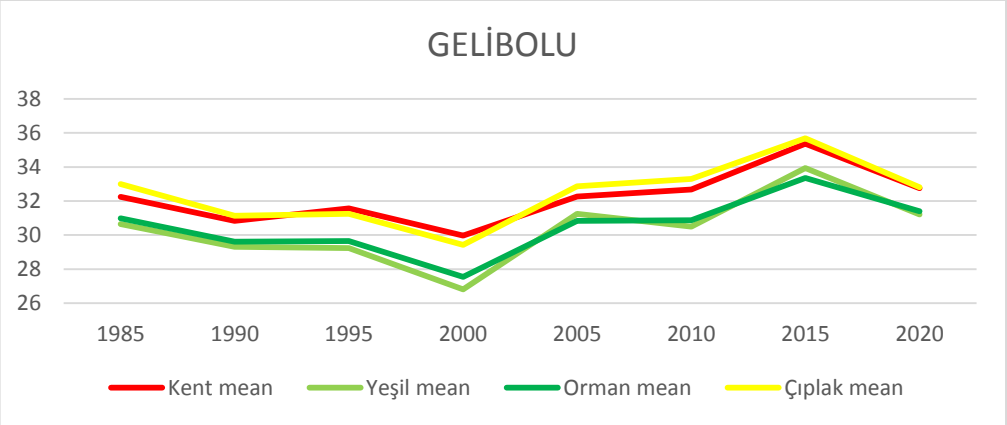
Eceabat ilçesinin arazi örtüsü sınıflarının sıcaklık değerleri incelendiğinde çıplak arazilerin ve kent alanları en sıcak değerleri oluştururken orman alanları en düşük sıcaklık değerlerine sahiptir. Arazi sınıfları arasındaki sıcaklık değerleri incelendiğinde 3°C ye kadar değişkenlik gösterdiği görülmektedir. En yüksek sıcaklık değerlerine 2015 yılında rastlanırken en düşük sıcaklık değerlerine 2000 yılında rastlanılmaktadır. 1985 yılında sınıfların sıcaklık değerlerine sıralaması çıplak arazi, yeşil alan, kent alanı ve orman alanı olmak üzere iken 2020 yılında çıplak arazi, kent alanı, yeşil alan ve orman alanı şeklinde sıralamanın değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.30. Ezine İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıklıkları

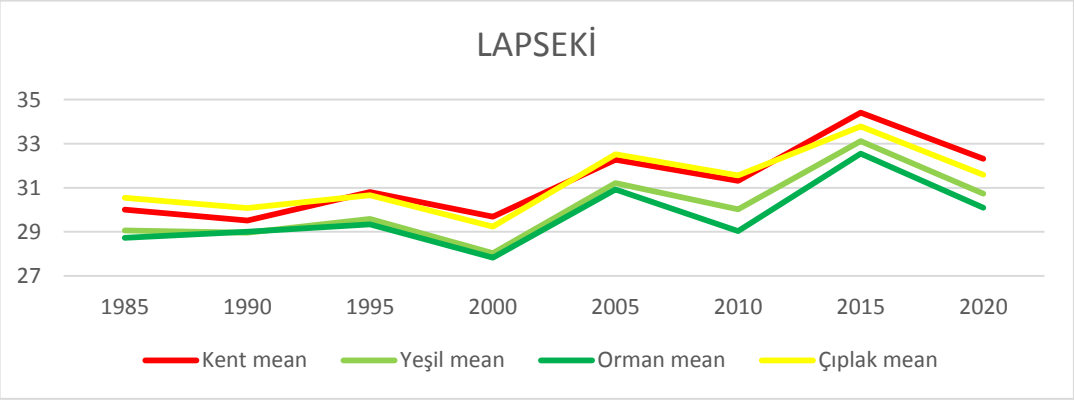
Ezine ilçesinin arazi örtüsü sınıflarının sıcaklık değerleri incelendiğinde çıplak araziler en yüksek sıcaklık değerlerine sahip iken en düşük sıcaklık değerlerine yeşil

alanlarda rastlanılmaktadır. Arazi sınıfları arasındaki sıcaklık değerleri incelendiğinde 3°C ye kadar değişkenlik göstermektedir. En yüksek sıcaklık değerlerine 2015 en düşük sıcaklık değerlerine ise 2000 yılında rastlanılmaktadır.1985 yılında sınıfların sıcaklık değerlerime göre sıralaması çıplak alan, orman alanı, kent alanı ve yeşil alan şeklinde iken 2020 yılında çıplak alan, kent alanı, orman alanı ve yeşil alan şeklinde değişmiştir.



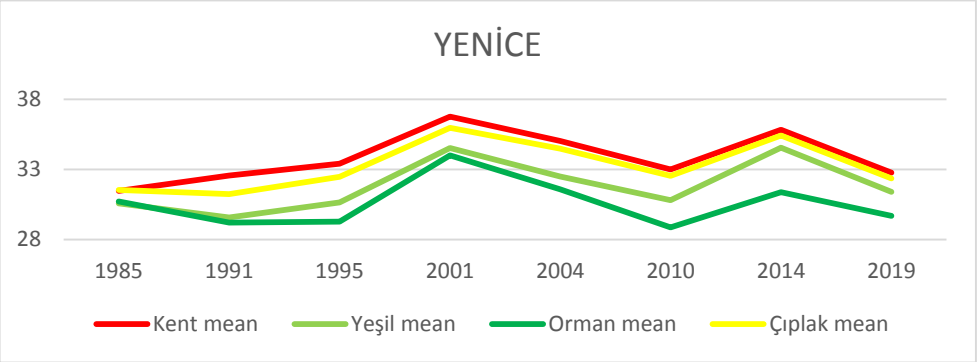
Şekil 4.31. Gelibolu İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıklıkları

Gelibolu ilçesinde arazi örtüsü sınıflarının sıcaklık değerleri incelendiğinde en yüksek değerler çıplak alan ve kent alanlarında en düşük değerler ise yeşil alan ve orman alanlarında görülmektedir. Arazi sınıfları arasındaki sıcaklık değerleri incelendiğinde 2°C ye kadar değişkenlik göstermektedir. En yüksek sıcaklık değerlerine 2015 en düşük sıcaklık değerlerine 2000 yılında rastlanılmaktadır. 1985 yılında çıplak arazi, kent alanı, orman alanı ve yeşil alan şeklinde iken 2020 yılında çıplak arazi, kent alanı, yeşil alan ve orman alanı şeklinde değişmektedir.



Şekil 4.32. Lapseki İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıklıkları

Lapseki ilçesinde arazi örtüsü sınıflarının sıcaklık değerleri incelendiğinde en yüksek değerleri kent alanları ve çıplak araziler oluştururken en düşük değerlerin orman alanlarında olduğu görülmektedir. Arazi sınıfları arasındaki sıcaklık değerleri incelendiğinde 2°C ye kadar değişkenlik göstermektedir. En yüksek sıcaklık değerlerine 2015 en düşük sıcaklık değerlerine 2000 yılında rastlanılmaktadır. 1985 yılında çıplak arazi, kent alanı, yeşil alan ve orman alanı şeklinde iken 2020 yılında kent alanı, çıplak arazi, yeşil alan ve orman alanı şeklinde değişmektedir.



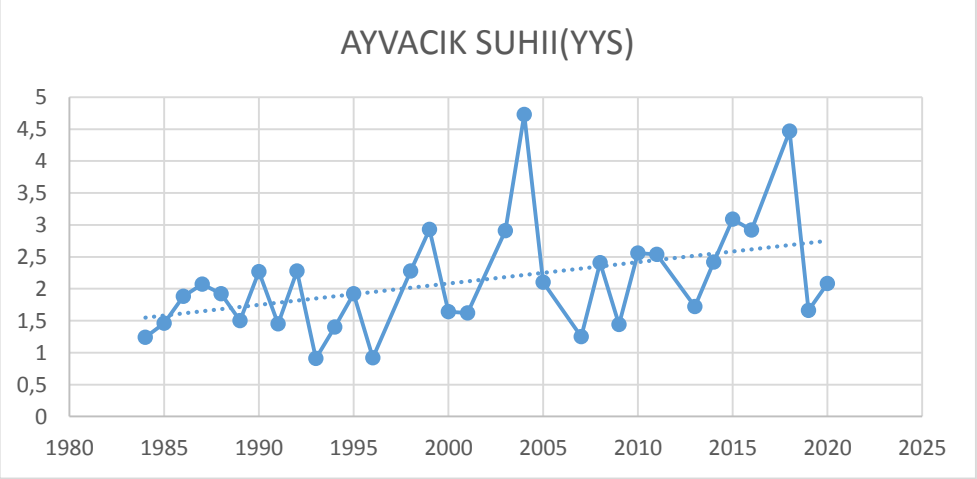
Şekil 4.33. Yenice İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki Yer Yüzeyi Sıcaklıklıkları

Yenice ilçesinin arazi örtüsü sınıflarının sıcaklık değerleri incelendiğinde en yüksek değerleri kent alanı oluştururken en düşük değerlere orman alanlarında rastlanılmaktadır. Arazi sınıfları arasındaki sıcaklık değerleri farkları 5°C ye kadar değişkenlik göstermektedir. En yüksek sıcaklık değerlerine 2001 yılında en düşük sıcaklık değerlerine ise 2010 yılında rastlanılmaktadır. 1985 yılında sınıfların sıcaklık değerleri sırasıyla çıplak alan, kent alanı, orman alanı ve yeşil alan şeklinde iken 2020 yılında kent alanı, çıplak arazi, yeşil alan ve orman alanı şeklide değişmektedir.

4.5. Kent Isı Adası Alanı ve Yoğunluğu

Çanakkale ili içerisinde bulunan 10 ilçede KIA etkisi araştırılmıştır. Bu ilçeler Ayvacık, Biga, Bayramiç, Çan, Eceabat, Ezine, Gelibolu, Lâpseki, Merkez ve Yenice ilçeleridir. Her ilçe konumu bakımından arazi örtüleri, yükseklik, denizsellik, nüfus gibi farklılıklar içermektedir. Bu yüzden ilçe özellikleri ve KIA etkisi birlikte gösterilmiştir.

Ayvacık; Arazi örtüsü bakımında çıplak bir arazi örtüsü ile çevrelenmiş, ortalama 286 rakım yüksekliğe sahip, denizsellik etkisi içerinde kalmamış, 33751 nüfuslu ve 3.4 km^2 alana sahiptir. 1984 ile 2020 yılları arasında ortalama 2.12°C ve yıllık süreç içerisinde 1°C ile 5 °C arasında SUHII'nin olduğu görülmektedir. 2005 ve 2018 yıllarında 4.5°C ve 5°C'ye ulaşarak en yüksek değerlerini verirken 1993 ve 1996 yıllarında sırasıyla 0.93°C ve 0.96°C ile en düşük değerleri göstermiştir. Dört farklı YYS ile 2000 ile 2020 yılları arasında hesaplanan SUHII ortalama değerlerinde ise 2005 ile 2010 yılları arasında en düşük (1.95-2.60°C), 2015 ile 2020 yılları arasında en yüksek değerler (2.84-3.38°C) ortaya konmuştur. 2000 ile 2020 yılları arasındaki AC, TP, RT ve TK denklemlerinde hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 2.44°C, 3.12°C, 2.94 °C ve 2.99°C şeklindedir. 1984 ile 2020 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değeri 2.12°C olduğu görülmektedir.



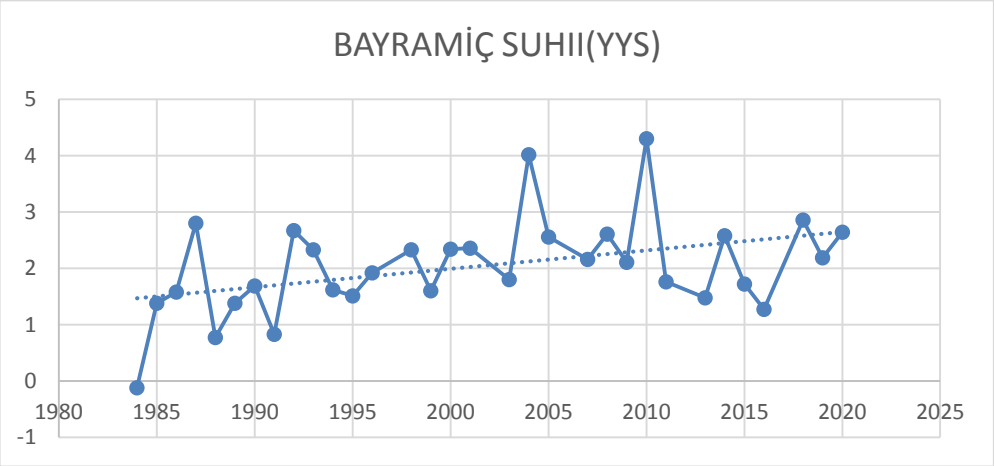
Şekil 4.34. Ayvacık İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri

Tablo 4.1.

Artis ve Carnahan Denklemi ile Ayvacık İlçesinin Kent Isı Adası Yoğunluğunun Gösterimi

AYVACIK	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
SUHII(YYS) °C	2.6	1.95	2.47	2.84
SUHII(MW) °C	3.204	2.60	3,38	3.62
SUHII(RTE) °C	3.06	2.34	3,18	3.48
SUHII(SC) °C	3.054	2.36	3,28	3.53

Bayramiç; Arazi örtüsü bakımından orman alanlarının yoğun olduğu bir bölgede, 95 rakım yüksekliğe sahip, denizsellik etkisi içerisinde kalmamış, 29302 nüfuslu ve 4.4 km^2 alana sahiptir. 1984 ile 2020 yılları arasında ortalama 2.01°C ve yıllık süreç içerisinde 0°C ile 4 °C arasında SUHII'nin olduğu görülmektedir. 2010 yılında 4°C'ye ulaşarak en yüksek değerlerini verirken 1984 yılında sırasıyla 0.12°C ile en düşük değeri göstermiştir. Dört farklı YYS ile 2000 ile 2020 yılları arasında hesaplanan SUHII ortalama değerlerinde ise 2015 ile 2020 yılları arasında en düşük (2.14-2.60°C), 2005 ile 2010 yılları arasında en yüksek değerler (2.75-3.66°C) ortaya konmuştur. 2000 ile 2020 yılları arasındaki AC, TP, RT ve TK denklemlerinde hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 2.4°C, 2.95°C, 2.79 °C ve 2.78°C şeklindedir. 1984 ile 2020 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değeri 2.01°C olduğu görülmektedir.



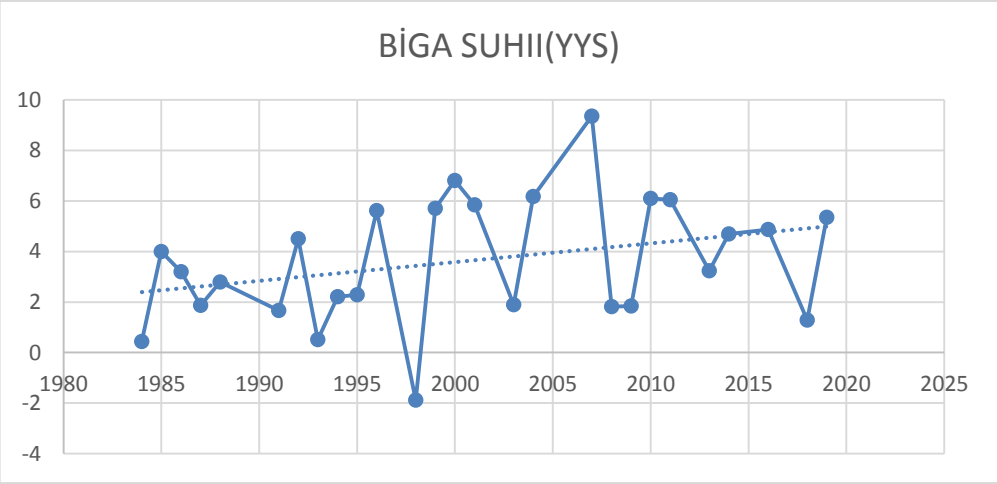
Şekil 4.35. Bayramiç İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri

Tablo 4.2.

Artis ve Carnahan Denklemi ile Bayramiç İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi

BAYRAMİÇ	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
SUHII(YYS) °C	2,62	2.75	2.37	2.14
SUHII(MW) °C	3,01	3.66	3.18	2.60
SUHII(RTE) °C	2,95	3.42	2.94	2.43
SUHII(SC) °C	2,77	3.51	3.02	2.47

Biga: Arazi örtüsü bakımından karma bir yapıya sahiptir. Merkez ilçesinden sonra en gelişmiş ilçesidir. Bölgede sanayi kuruluşları aktif rol oynamaktadır. Ortalama 28 rakım yüksekliğe sahip, denizsellik etkisinde kalmamış, 90274 nüfuslu ve 25.15 km^2 alana sahiptir. 1984 ile 2020 yılları arasında ortalama 3.64°C ve yıllık süreç içerisinde 9°C ile -1.88°C arasında SUHII'nin olduğu görülmektedir. 2007 yılında 9.35°C'ye ulaşarak en yüksek değerlerini verirken 1998 yılında sırasıyla -1.88°C ile en düşük değeri göstermiştir. Dört farklı YYS ile 2000 ile 2020 yılları arasında hesaplanan SUHII ortalama değerlerinde ise 2015 ile 2020 yılları arasında en düşük (4.05-5.05°C), 2010 ile 2015 yılları arasında en yüksek değerler (5.02-7.00°C) ortaya konmuştur. 2000 ile 2020 yılları arasındaki AC, TP, RT ve TK denklemlerinde hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 4.67°C, 6.2°C, 5.91 °C ve 5.92°C şeklindedir. 1984 ile 2020 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değeri 3.64°C olduğu görülmektedir.



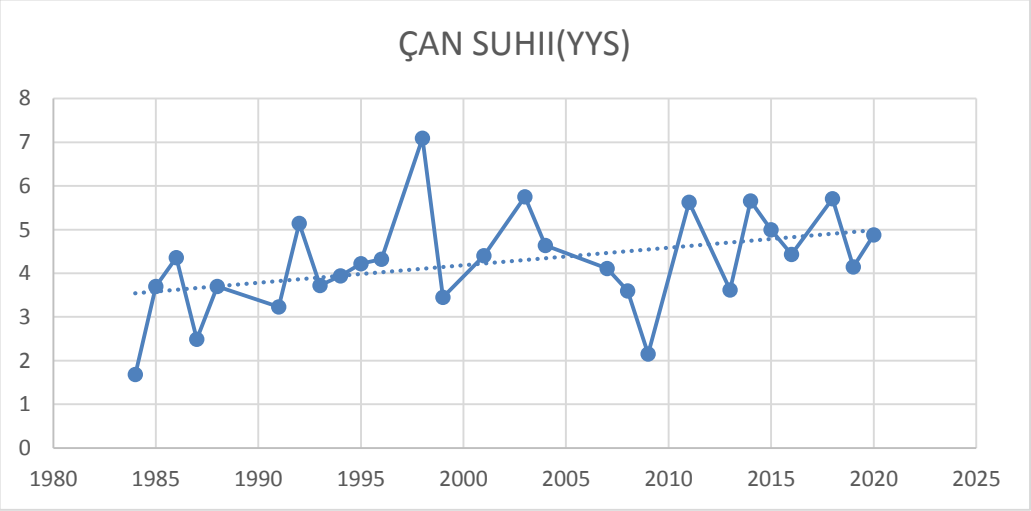
Şekil 4.36. Biga İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri

Tablo 4.3.

Artis ve Carnahan Denklemi ile Biga İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi

BİGA	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
SUHII(YYS) °C	5,18	5.06	5.02	4.05
SUHII(MW) °C	6,69	6.96	7.00	5.05
SUHII(RTE) °C	6,43	6.61	6.61	4.80
SUHII(SC) °C	6,17	6.53	6.74	4.86

Çan: Arazi örtüsü bakımından orman alanı ve çıplak arazi çevrelenmiş ve sanayi alanının hemen yakınında bulunmaktadır. Ortalama 98 rakım yükseltiye sahip, denizsellik etkisi içerisinde kalmamış, 48376 nüfuslu ve 6.14 km^2 alana sahiptir. 1984 ile 2020 yılları arasında ortalama 4.25°C ve yıllık süreç içerisinde 7°C ile 2°C arasında SUHII'nin olduğu görülmektedir. 1998 yılında 7.09°C'ye ulaşarak en yüksek değerlerini verirken 1984 yılında -1.68°C ile en düşük değeri göstermiştir. Dört farklı YYS ile 2000 ile 2020 yılları arasında hesaplanan SUHII ortalama değerlerinde ise 2005 ile 2010 yılları arasında en düşük (3.63-4.60°C), 2000 ile 2005 yılları arasında en yüksek değerler (4.93-6.10°C) ortaya konmuştur. 2000 ile 2020 yılları arasındaki AC, TP, RT ve TK denklemlerinde hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 4.55°C, 5.74°C, 5.41 °C ve 5.44°C şeklindedir. 1984 ile 2020 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değeri 4.25°C olduğu görülmektedir.



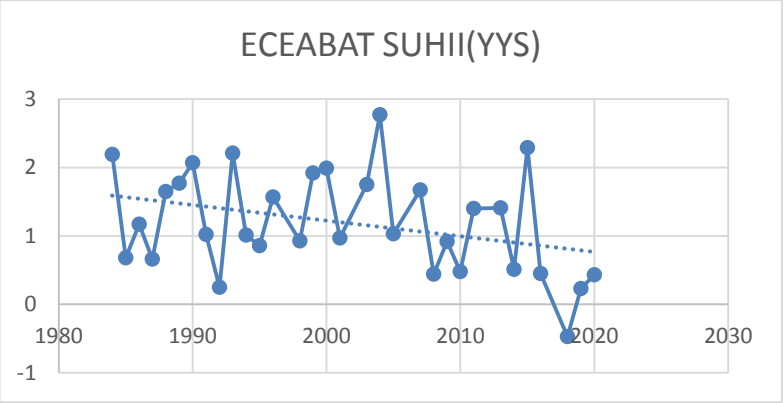
Şekil 4.37. Çan İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri

Tablo 4.4.

Artis ve Carnahan Denklemi ile Çan İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi

	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
SUHII(YYS) °C	4,93	3.63	4.41	4.83
SUHII(MW) °C	6,10	4.60	5.74	6.03
SUHII(RTE) °C	5,82	4.35	5.36	5.67
SUHII(SC) °C	5,44	4.09	5.42	5.90

Eceabat; Arazi örtüsü bakımından tarım ve orman alanları tarafından çevrelenmiştir. Ortalama 33 rakım yükseltiye sahip, denizsellik etkisi içerisinde 8863 nüfuslu ve 5.39 km^2 alana sahiptir.1984 ile 2020 yılları arasında ortalama 1.19°C ve yıllık süreç içerisinde 0°C ile 3°C arasında SUHII'nin olduğu görülmektedir. 2004 yılında 2.77°C'ye ulaşarak en yüksek değerlerini verirken 2018 yılında 0.47°C ile en düşük değeri göstermiştir. Dört farklı YYS ile 2000 ile 2020 yılları arasında hesaplanan SUHII ortalama değerlerinde ise 2015 ile 2020 yılları arasında en düşük (0.59-0.73°C), 2000 ile 2005 yılları arasında en yüksek değerler (1.70-2.14°C) ortaya konmuştur. 2000 ile 2020 yılları arasındaki AC, TP, RT ve TK denklemlerinde hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 1.07°C, 1.32°C, 1.24 °C ve 1.21°C şeklindedir. 1984 ile 2020 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değeri 1.19°C olduğu görülmektedir.



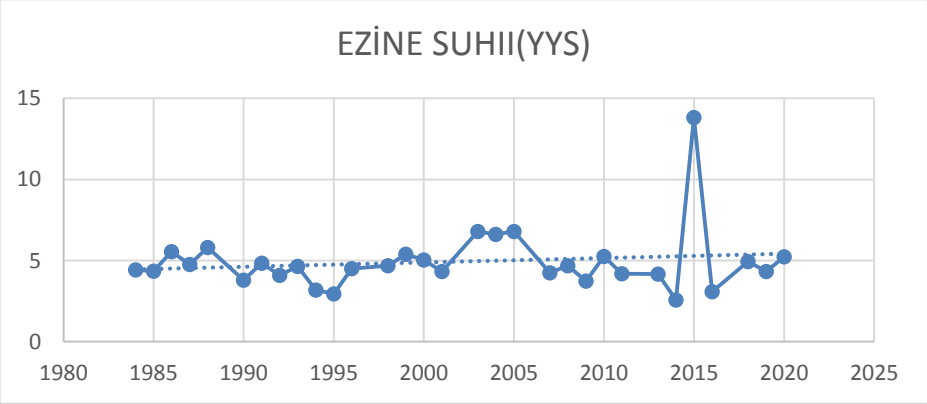
Şekil 4.38. Eceabat İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri

Tablo 4.5.

Artis ve Carnahan Denklemi ile Eceabat İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi

ECEABAT	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
SUHII(YYS) °C	1,70	0.91	1.22	0.59
SUHII(MW) °C	2,14	1.09	1.54	0.73
SUHII(RTE) °C	2,04	1.02	1.45	0.65
SUHII(SC) °C	1,96	0.97	1.49	0.68

Ezine; Arazi örtüsü bakımından tarım arazi, çıplak arazi, orman alanı ve su alanının yakınında bulunmaktadır. Ortalama 40 m rakım yüksekliğine sahip, denizsellik etkisi içerisinde kalmamış ama ilçe içerisinden Karamenderes çayının uzantısı geçmektedir. 30723 nüfuslu ve 4.28 km^2 alana sahiptir. 1984 ile 2020 yılları arasında ortalama 4.92°C ve yıllık süreç içerisinde 3°C ile 14°C arasında SUHII'nin olduğu görülmektedir. 2015 yılında 13.82°C'ye ulaşarak en yüksek değerlerini verirken 2014 yılında 2.58°C ile en düşük değeri göstermiştir. Dört farklı YYS ile 2000 ile 2020 yılları arasında hesaplanan SUHII ortalama değerlerinde ise 2015 ile 2020 yılları arasında en düşük (5.34-6.28°C), 2000 ile 2005 yılları arasında en yüksek değerler (5.92-7.90°C) ortaya konmuştur. 2000 ile 2020 yılları arasındaki AC, TP, RT ve TK denklemlerinde hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 5.29°C, 6.57°C, 5.99 °C ve 6.23°C şeklindedir. 1984 ile 2020 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değeri 4.92°C olduğu görülmektedir.



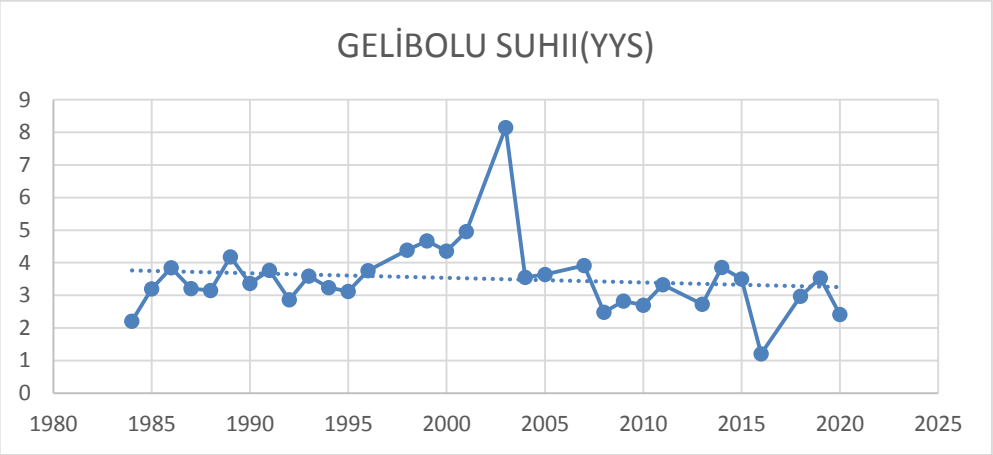
Şekil 4.39. Ezine İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri

Tablo 4.6.

Artis ve Carnahan Denklemi ile Ezine İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi

EZİNE	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
SUHII(YYS) °C	5.92	4.95	6.00	6.28
SUHII(MW) °C	7.63	7.06	6.73	5.64
SUHII(RTE) °C	7.18	6.77	5.49	5.34
SUHII(SC) °C	7.90	6.76	5.62	5.41

Gelibolu; Arazi örtüsü bakımından karma bir çevre içerisinde bulunmaktadır. Ortalama 10 rakım yükseltiye sahip, denizsellik etkisi içerisinde kalmış, 43581 nüfuslu ve 46.85 km^2 alana sahiptir. 1984 ile 2020 yılları arasında ortalama 3.56°C ve yıllık süreç içerisinde 1°C ile 8°C arasında SUHII'nin olduğu görülmektedir. 2003 yılında 8.15°C'ye ulaşarak en yüksek değerlerini verirken 2018 yılında 1.2°C ile en düşük değeri göstermiştir. Dört farklı YYS ile 2000 ile 2020 yılları arasında hesaplanan SUHII ortalama değerlerinde ise 2015 ile 2020 yılları arasında en düşük (2.72-3.32°C), 2000 ile 2005 yılları arasında en yüksek değerler (4.93-6.36°C) ortaya konmuştur. 2000 ile 2020 yılları arasındaki AC, TP, RT ve TK denklemlerinde hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 3.54°C, 4.57°C, 4.34 °C ve 4.38°C şeklindedir. 1984 ile 2020 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değeri 3.56°C olduğu görülmektedir.



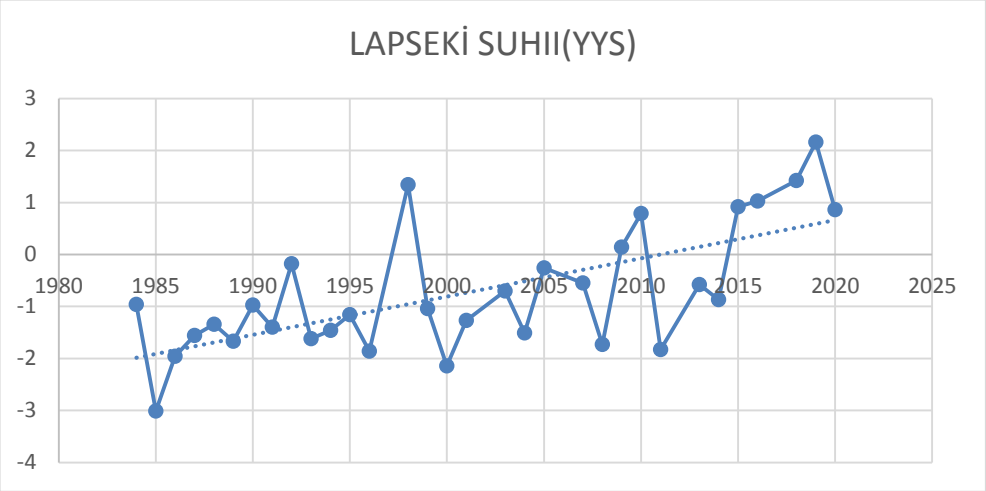
Şekil 4.40. Gelibolu İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri

Tablo 4.7.

Artis ve Carnahan Denklemi ile Gelibolu İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi

GELİBOLU	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
SUHII(YYS) °C	4.93	3.11	3.22	2.72
SUHII(MW) °C	6.36	4.31	4.40	3.32
SUHII(RTE) °C	6.10	4.05	4.13	3.14
SUHII(SC) °C	6.06	4.15	4.22	3.19

Lapseki; Arazi örtüsü bakımından tarım ve çıplak arazi içerisinde bulunmaktadır. Ortalama 7 rakım yükseltiye sahip 28.313 nüfuslu ve 8.6 km^2 alana sahiptir. 1984 ile 2020 yılları arasında ortalama -0.72°C ve yıllık süreç içerisinde -3°C ile 2°C arasında SUHII'nin olduğu görülmektedir. 2019 yılında 2.16°C'ye ulaşarak en yüksek değerlerini verirken 1985 yılında -3.01°C ile en düşük değeri göstermiştir. Dört farklı YYS ile 2000 ile 2020 yılları arasında hesaplanan SUHII ortalama değerlerinde ise 2000 ile 2005 yılları arasında en düşük (-1.86- -1.18°C), 2000 ile 2005 yılları arasında en yüksek değerler (1.28-1,31°C) ortaya konmuştur. 2000 ile 2020 yılları arasındaki AC, TP, RT ve TK denklemlerinde hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla -0.24°C, -0.67°C, -0.63 °C ve -0.71°C şeklindedir. 1984 ile 2020 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değeri -0.72°C olduğu görülmektedir.



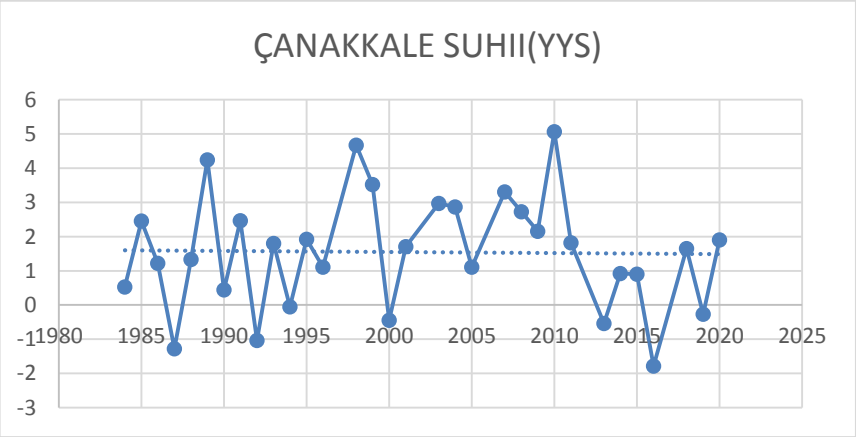
Şekil 4.41. Lapseki İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri

Tablo 4.8.

Artis ve Carnahan Denklemi ile Lapseki İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi

LAPSEKİ	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
SUHII(YYS) °C	-1.18	-0.32	-0.31	1.28
SUHII(MW) °C	-1.86	-0.81	-0.61	1.26
SUHII(RTE) °C	-1.81	-0.81	-0.63	1.31
SUHII(SC) °C	-1.74	-0.81	-0.99	1.34

Merkez; Arazi örtüsü bakımından karma bir arazi örtüsü içerisinde kalmıştır. Ortalama 30 rakım yükseltiye sahip, denizsellik etkisi içerisinde kalmış, 184184 nüfuslu ve 42.74 km^2 alana sahiptir. 1984 ile 2020 yılları arasında ortalama 1.53°C ve yıllık süreç içerisinde -2°C ile 5°C arasında SUHII'nin olduğu görülmektedir. 2010 yılında 5.07°C'ye ulaşarak en yüksek değerlerini verirken 2016 yılında -1.78°C ile en düşük değeri göstermiştir. Dört farklı YYS ile 2000 ile 2020 yılları arasında hesaplanan SUHII ortalama değerlerinde ise 2015 ile 2020 yılları arasında en düşük (0.30-0.48°C), 2005 ile 2010 yılları arasında en yüksek değerler (2.88-3.58°C) ortaya konmuştur. 2000 ile 2020 yılları arasındaki AC, TP, RT ve TK denklemlerinde hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 1.53°C, 1.74°C, 1.64 °C ve 1.8°C şeklindedir. 1984 ile 2020 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değeri 1.53°C olduğu görülmektedir.



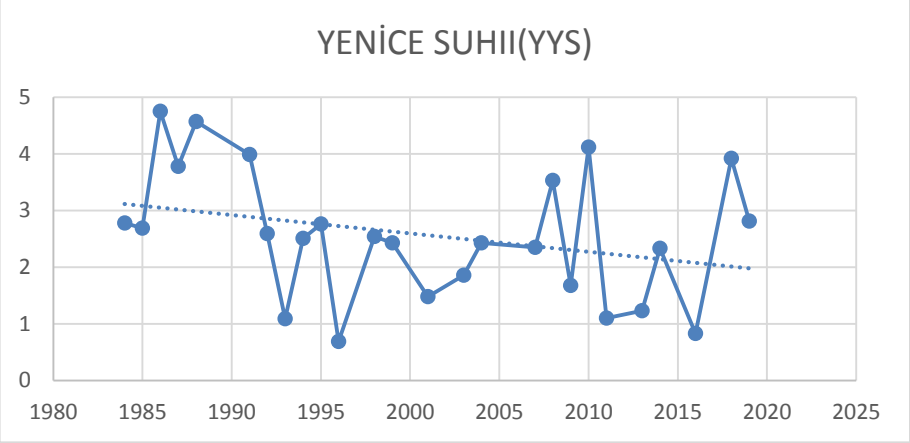
Şekil 4.42. Merkez İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri

Tablo 4.9.

Artis ve Carnahan Denklemi ile Merkez İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi

MERKEZ	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
SUHII(YYS) °C	1.64	2.88	1.63	0.48
SUHII(MW) °C	1.84	3.58	2.05	0.38
SUHII(RTE) °C	1.74	3.44	1.90	0.30
SUHII(SC) °C	2.17	3.52	1.96	0.32

Yenice; Arazi örtüsü bakımından orman alanları içerisinde bulunmaktadır. Ortalama 272 rakım yükseltiye sahip, denizsellik etkisi içerisinde kalmamış, 31023 nüfuslu ve 2.4 milyon m^2 alan sahiptir. 1984 ile 2020 yılları arasında ortalama 2.57°C ve yıllık süreç içerisinde 1°C ile 5°C arasında SUHII olduğu görülmektedir. 1986 yılında 4.75°C'ye ulaşarak en yüksek değerlerini verirken 1996 yılında 0.69°C ile en düşük değeri göstermiştir. Dört farklı YYS ile 2000 ile 2020 yılları arasında hesaplanan SUHII ortalama değerlerinde ise 2000 ile 2005 yılları arasında en düşük (1.92-2.43°C), 2015 ile 2020 yılları arasında en yüksek değerler (2.47-3.16°C) ortaya konmuştur. 2000 ile 2020 yılları arasındaki AC, TP, RT ve TK denklemlerinde hesaplanan ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 2.28°C, 3.02°C, 2.84 °C ve 2.84°C şeklindedir. 1984 ile 2020 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değeri 2.57°C olduğu görülmektedir.

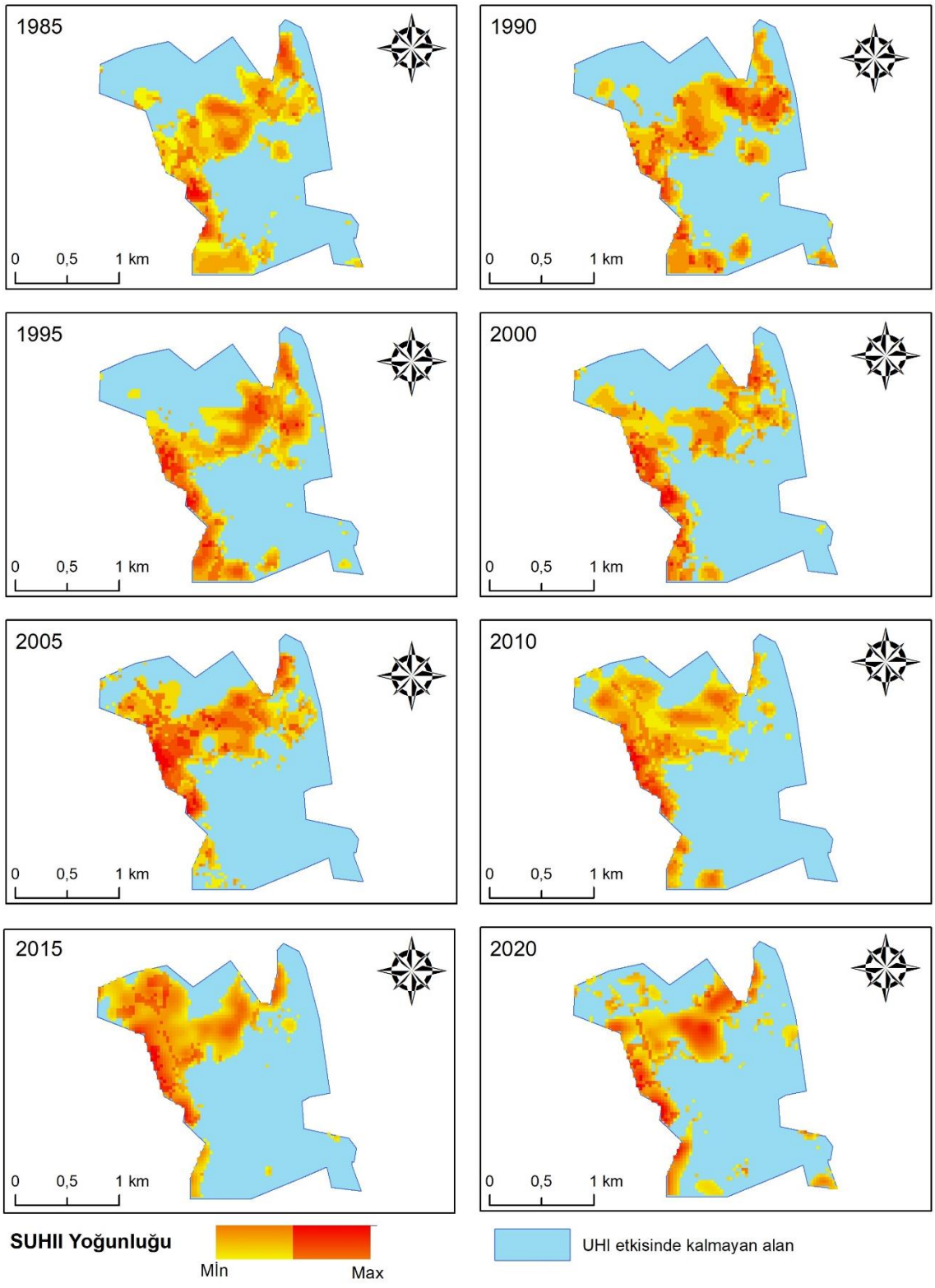


Şekil 4.43. Yenice İlçesinin Yıllık Süreç İçerisindeki SUHII Değerleri

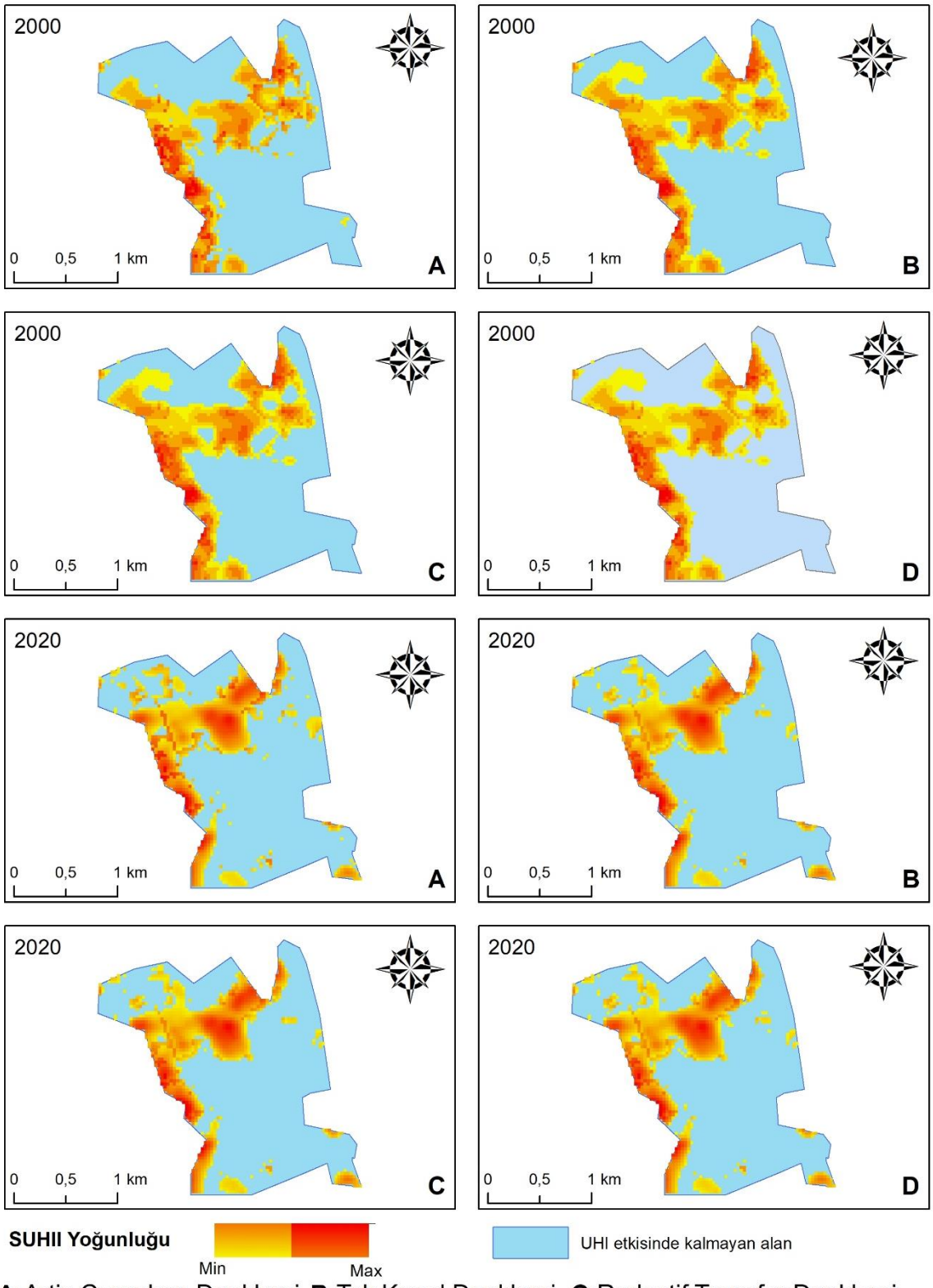
Tablo 4.10.

Artis ve Carnahan Denklemi ile Yenice İlçesinin Kent Isı Adası Etkisinin Gösterimi

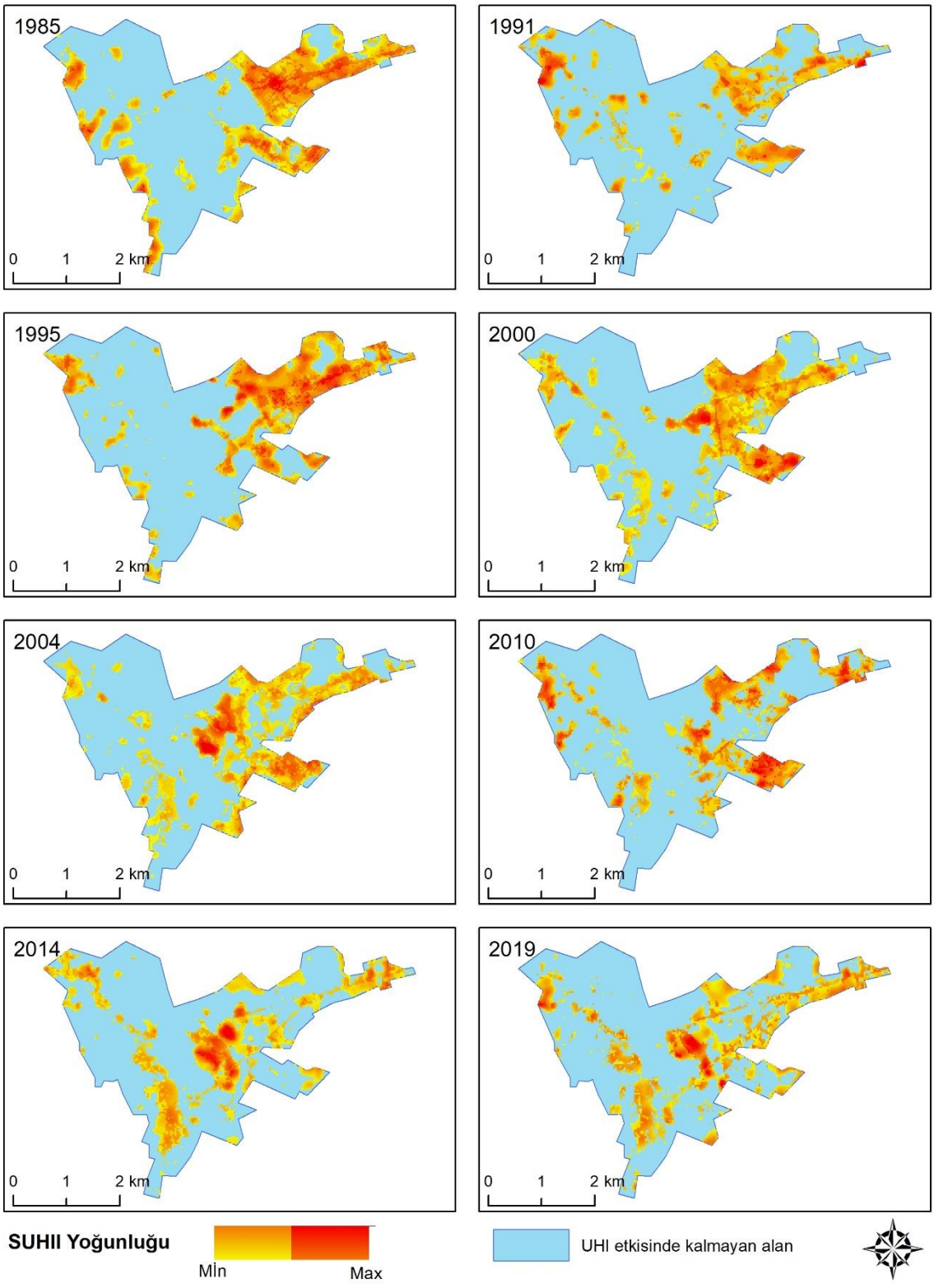
YENİCE	2000-2005	2005-2010	2010-2015	2015-2020
SUHII(YYS) °C	1.92	2.82	2.20	2.47
SUHII(MW) °C	2.43	3.84	3.24	3.16
SUHII(RTE) °C	2.33	3.58	3.02	3.00
SUHII(SC) °C	2.14	3.52	3.09	3.04



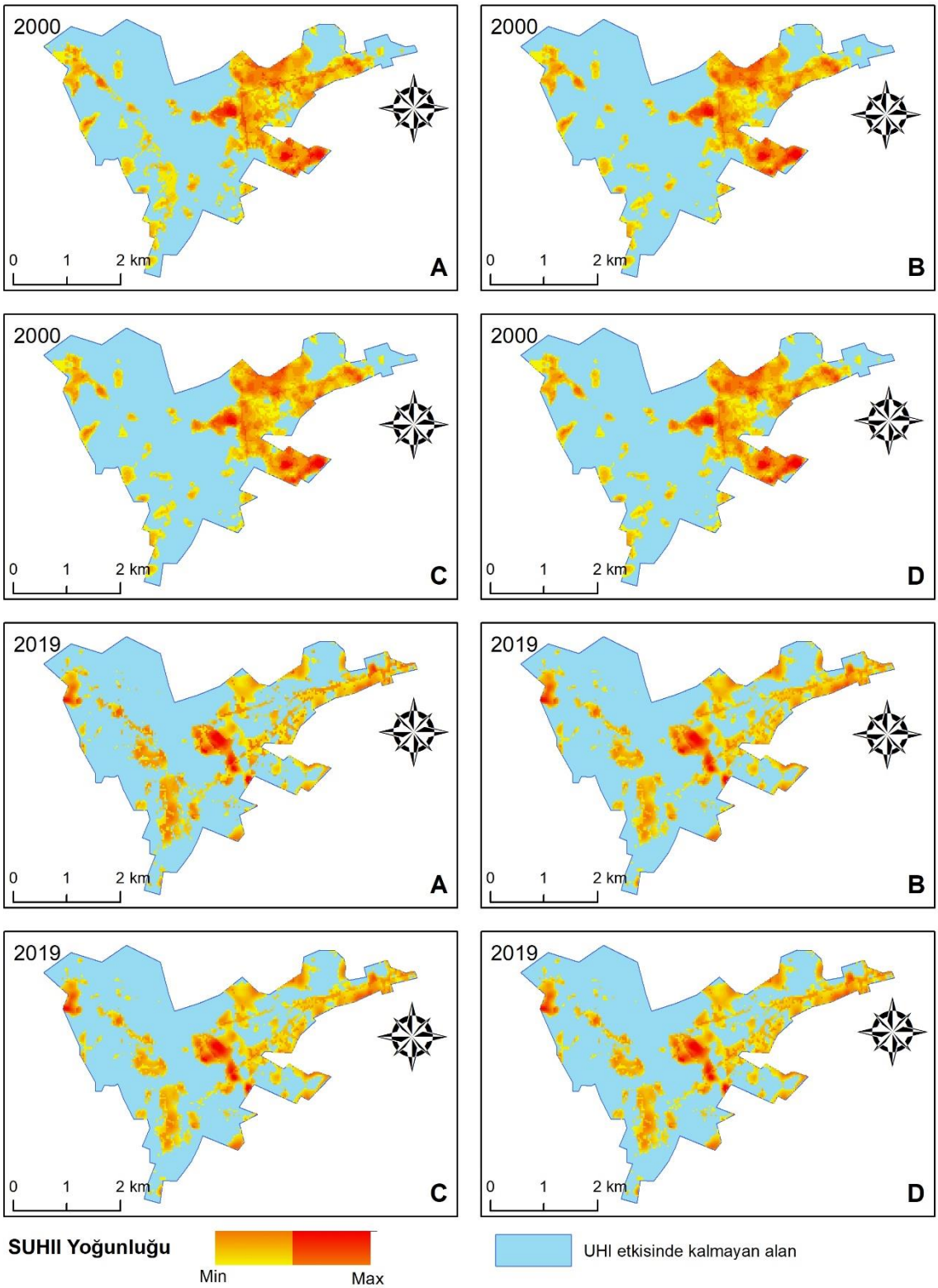
Şekil 4.44. Ayvacık İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması



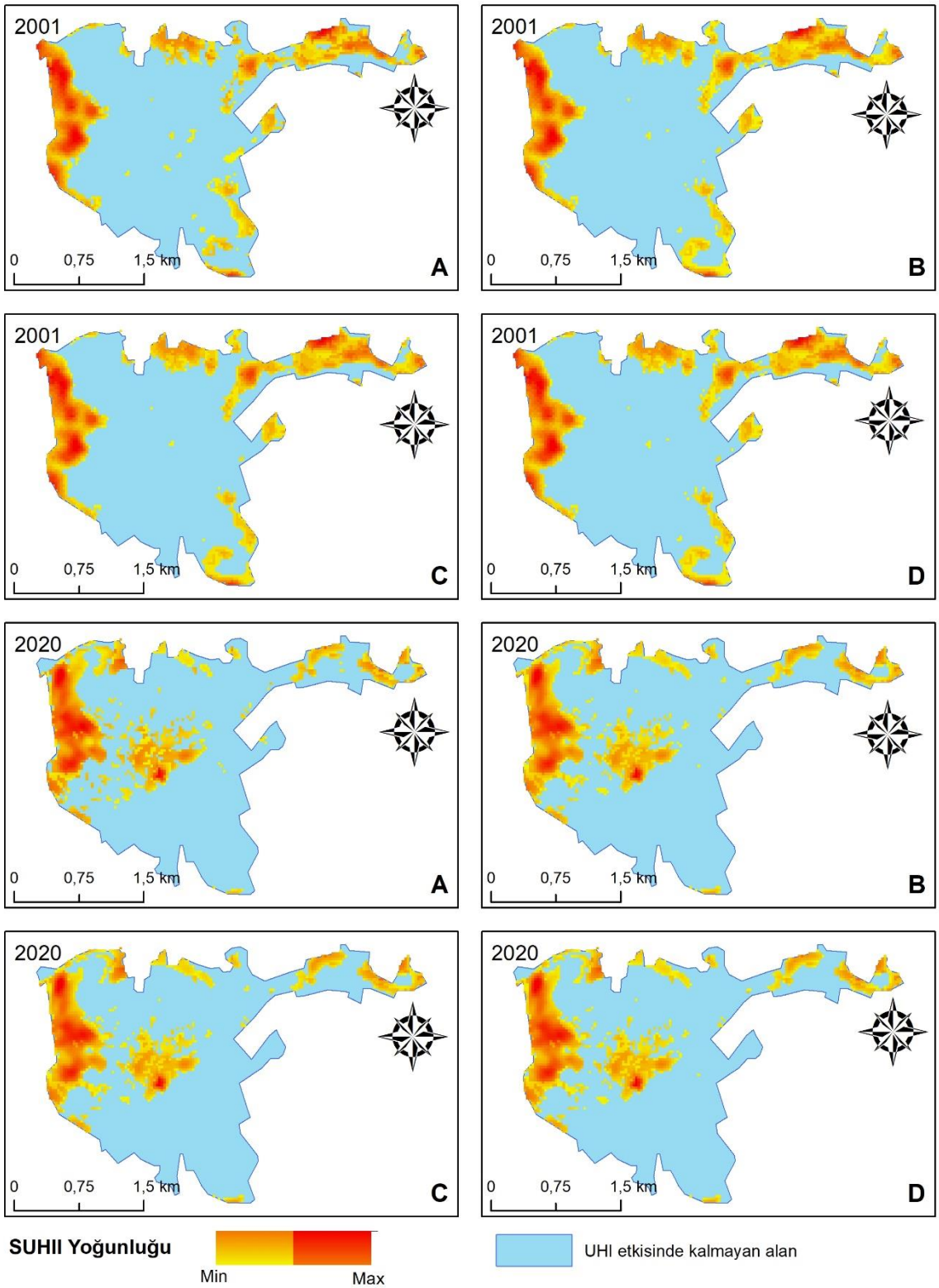
Şekil 4.45. Ayvacık İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması



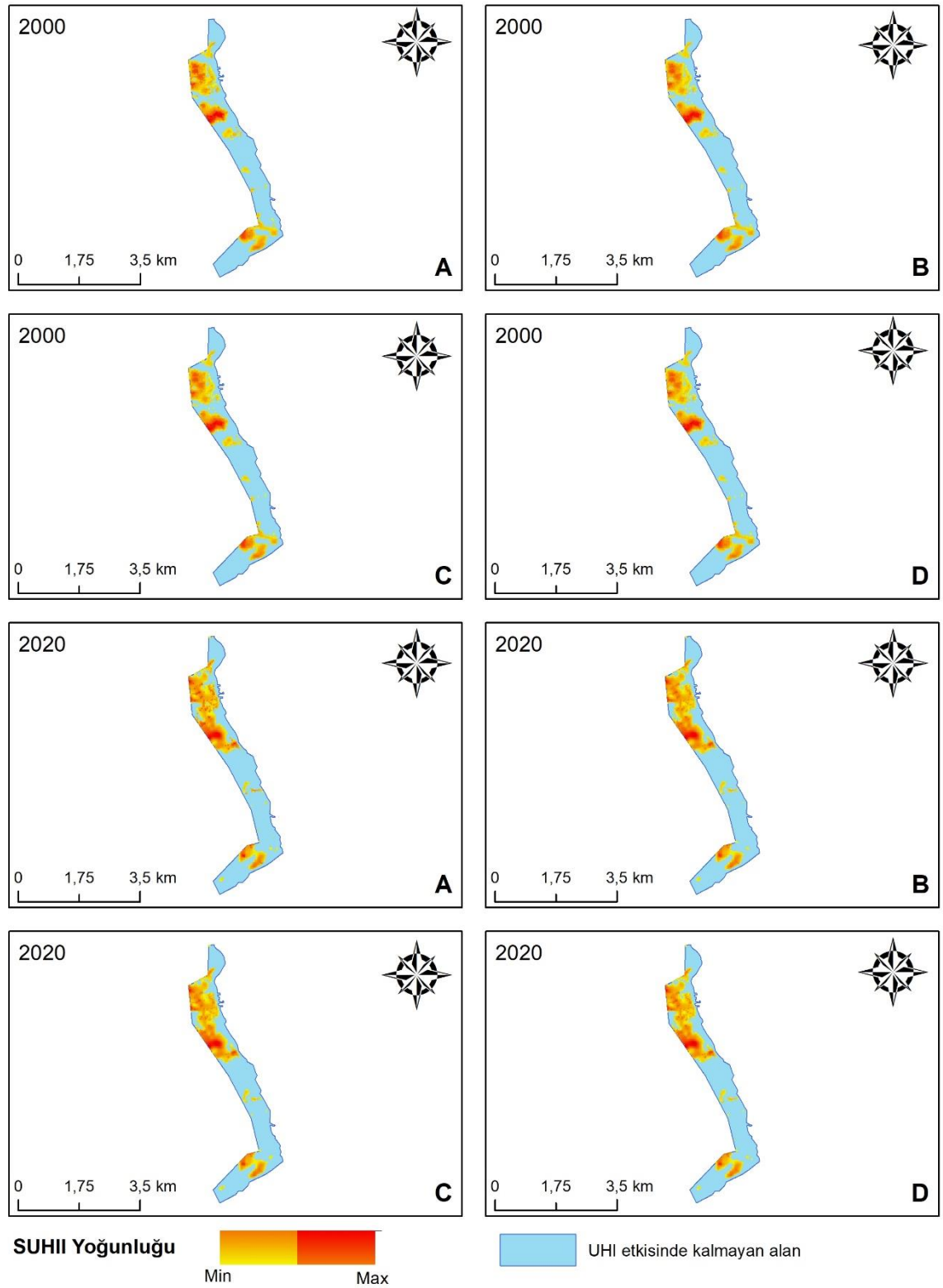
Şekil 4.46. Biga İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması



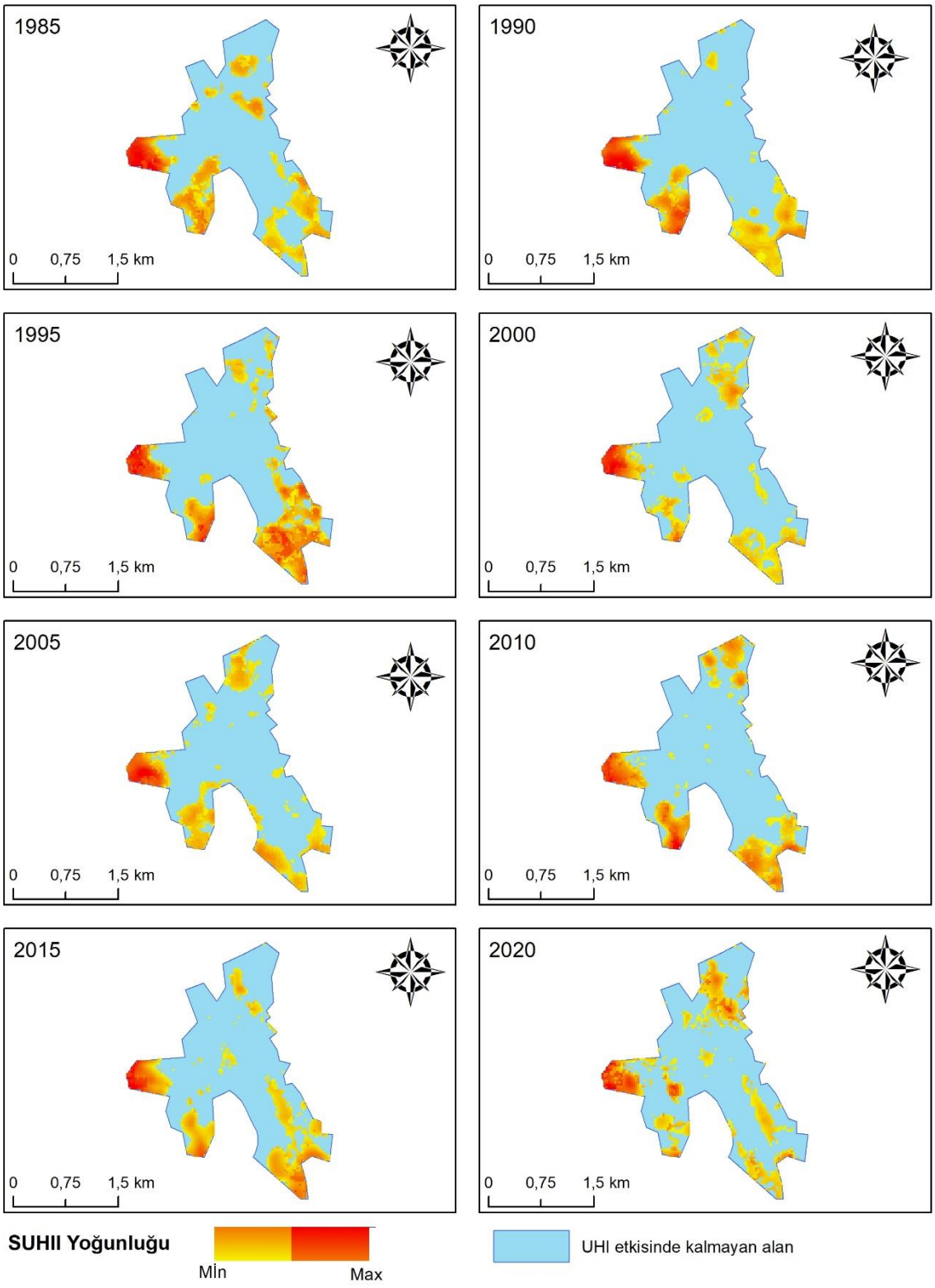
Şekil 4.47. Biga İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması



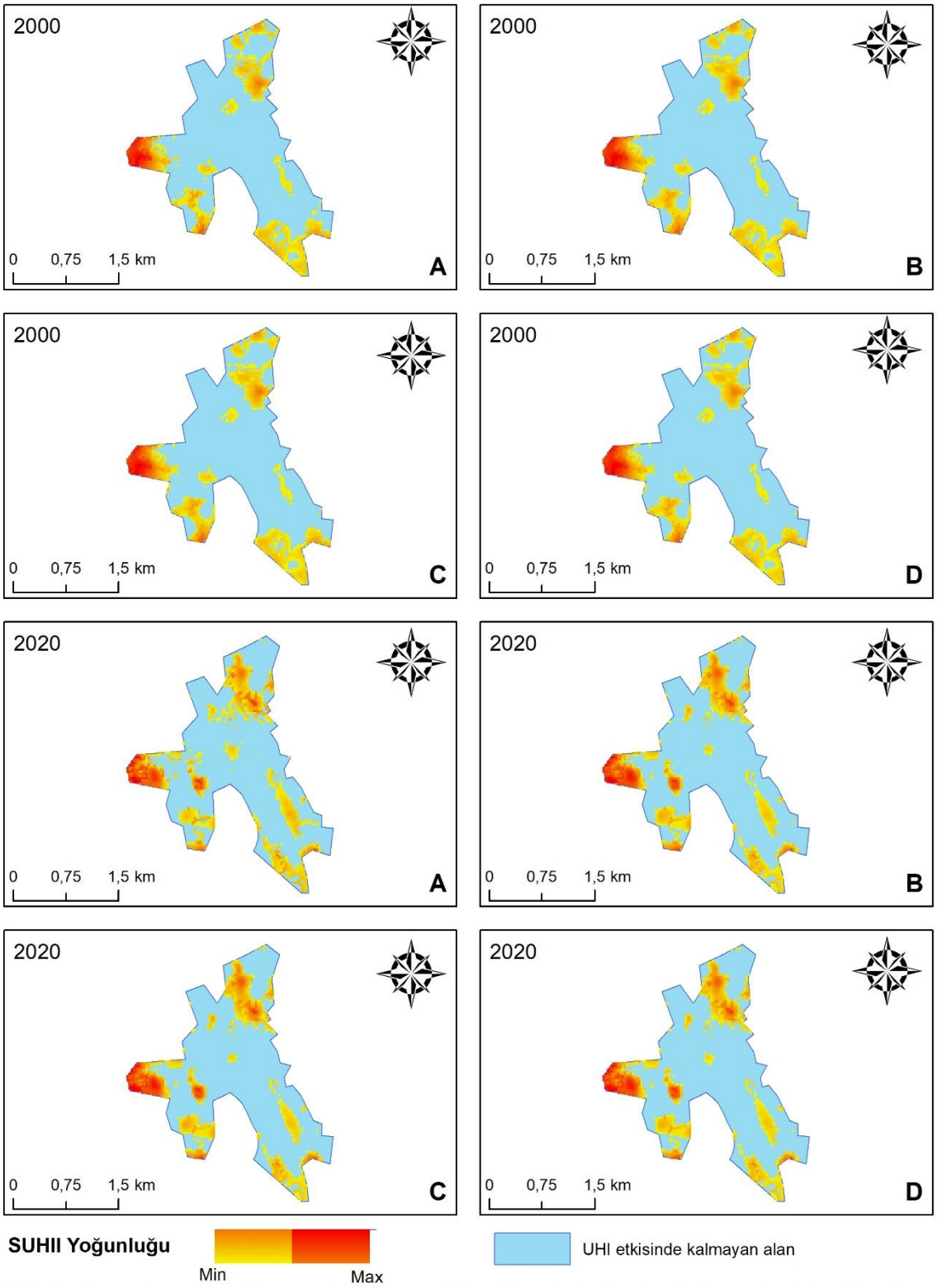
Şekil 4.48. Çan İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması



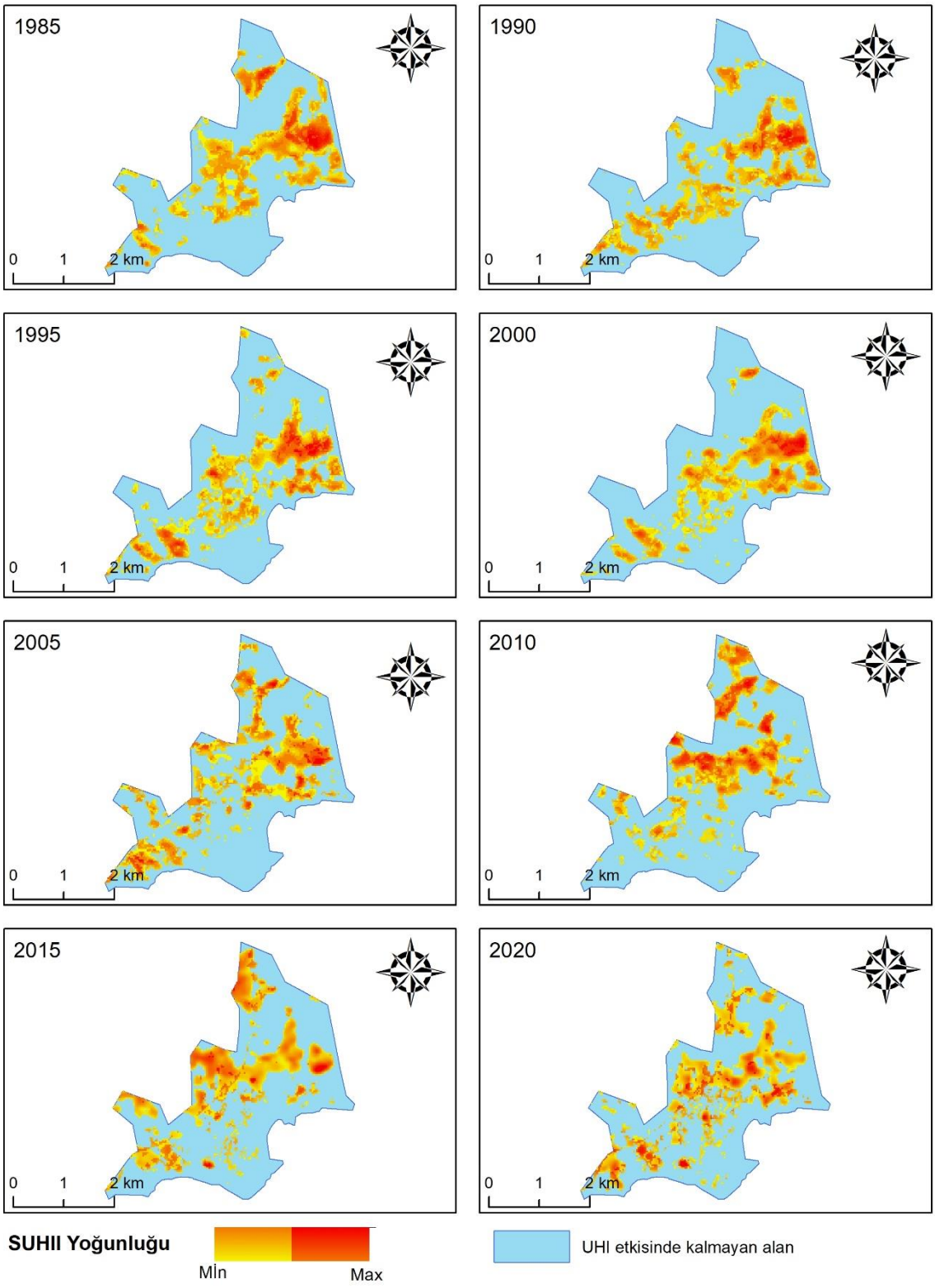
Şekil 4.49. Eceabat İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması



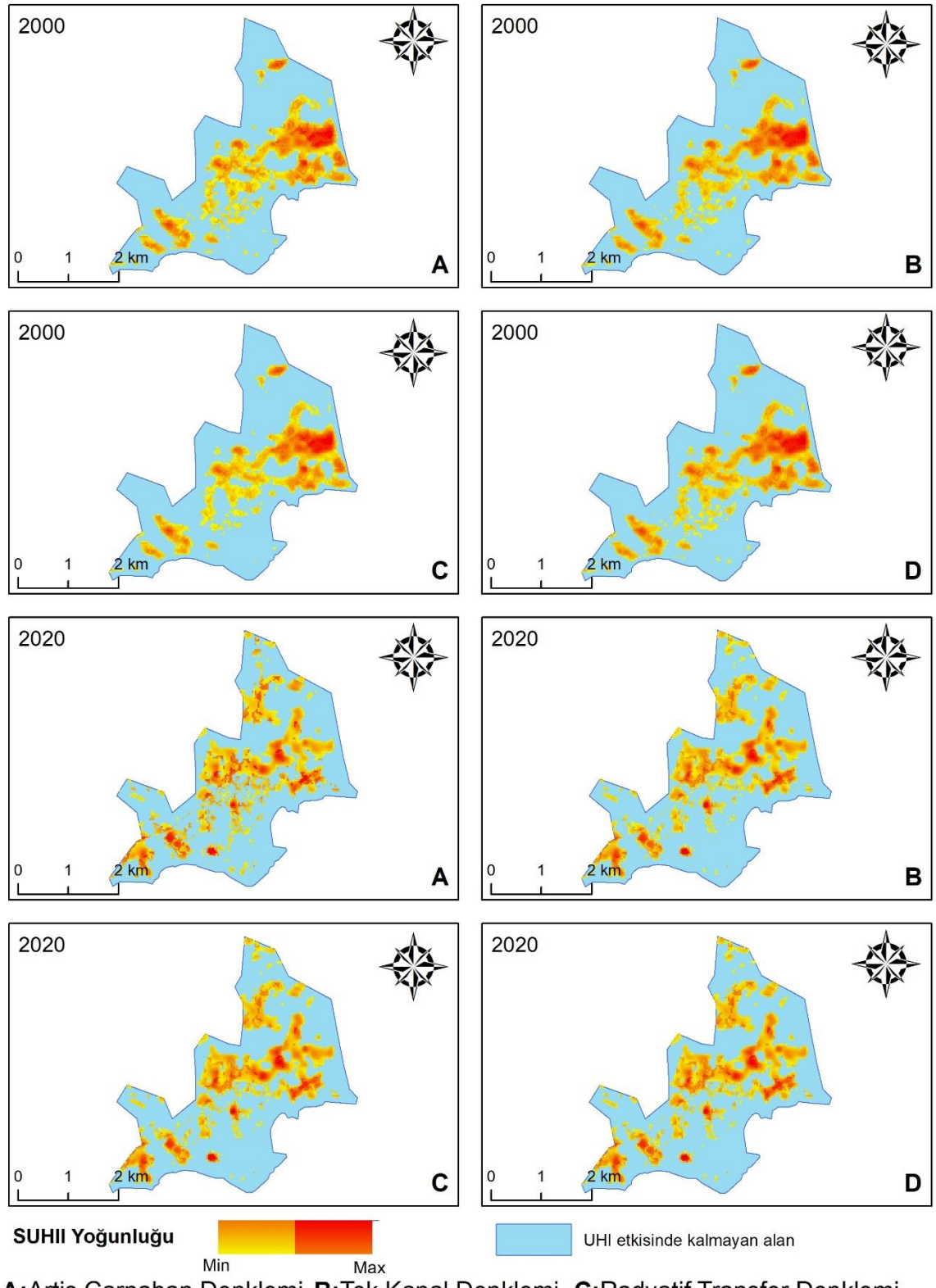
Şekil 4.50. Ezine İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması



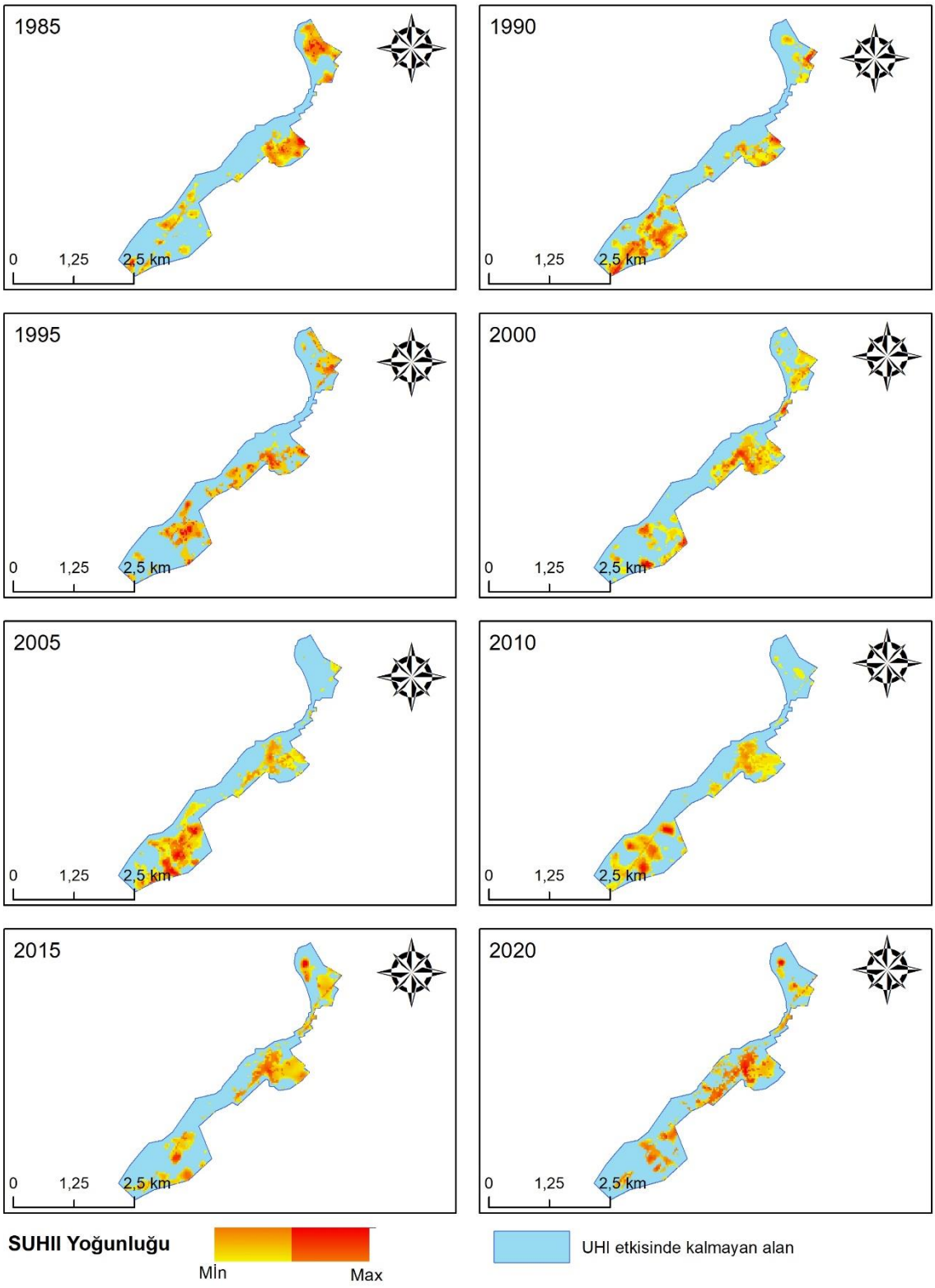
Şekil 4.51 Ezine İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması



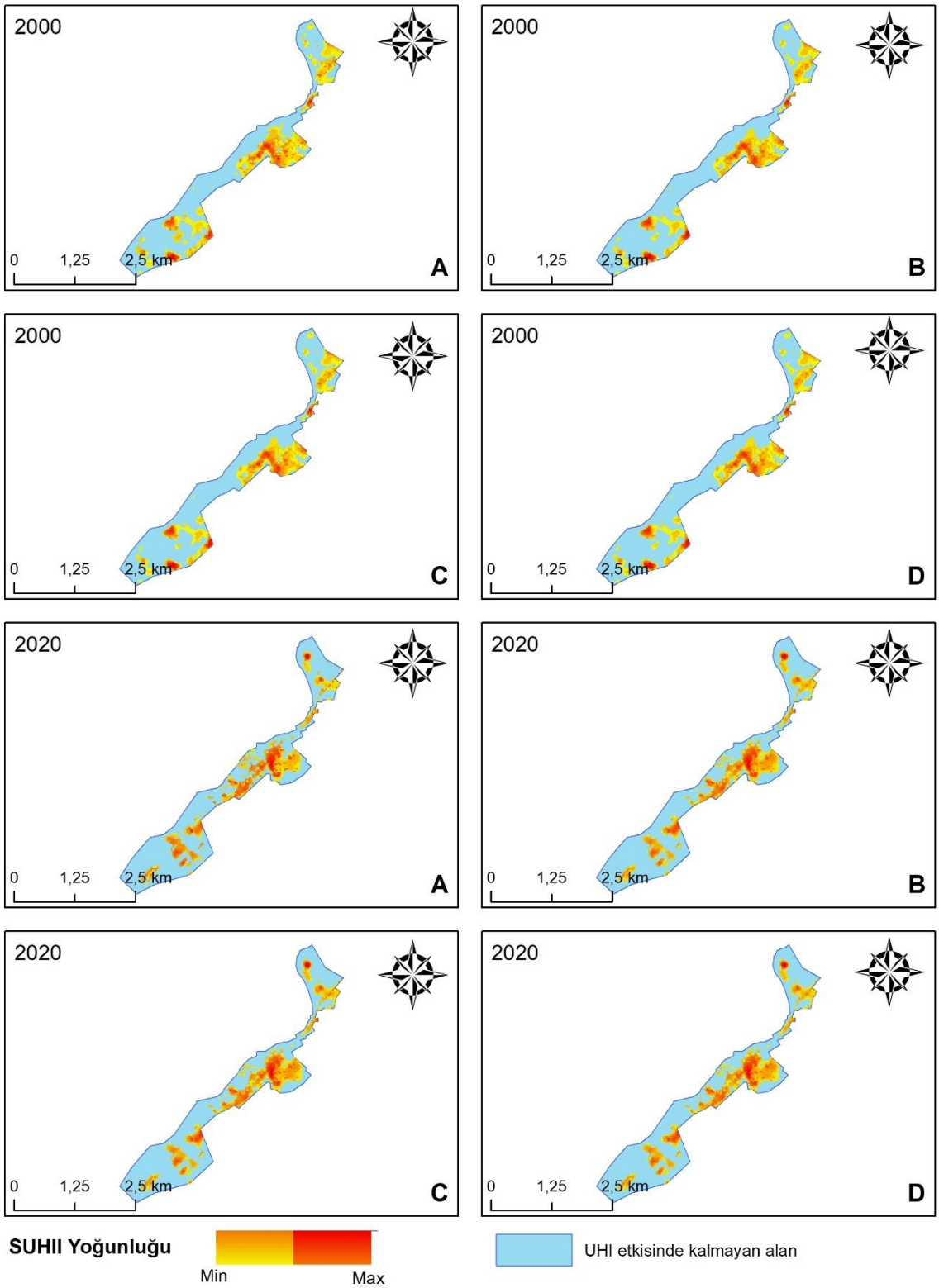
Şekil 4.52. Gelibolu İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması



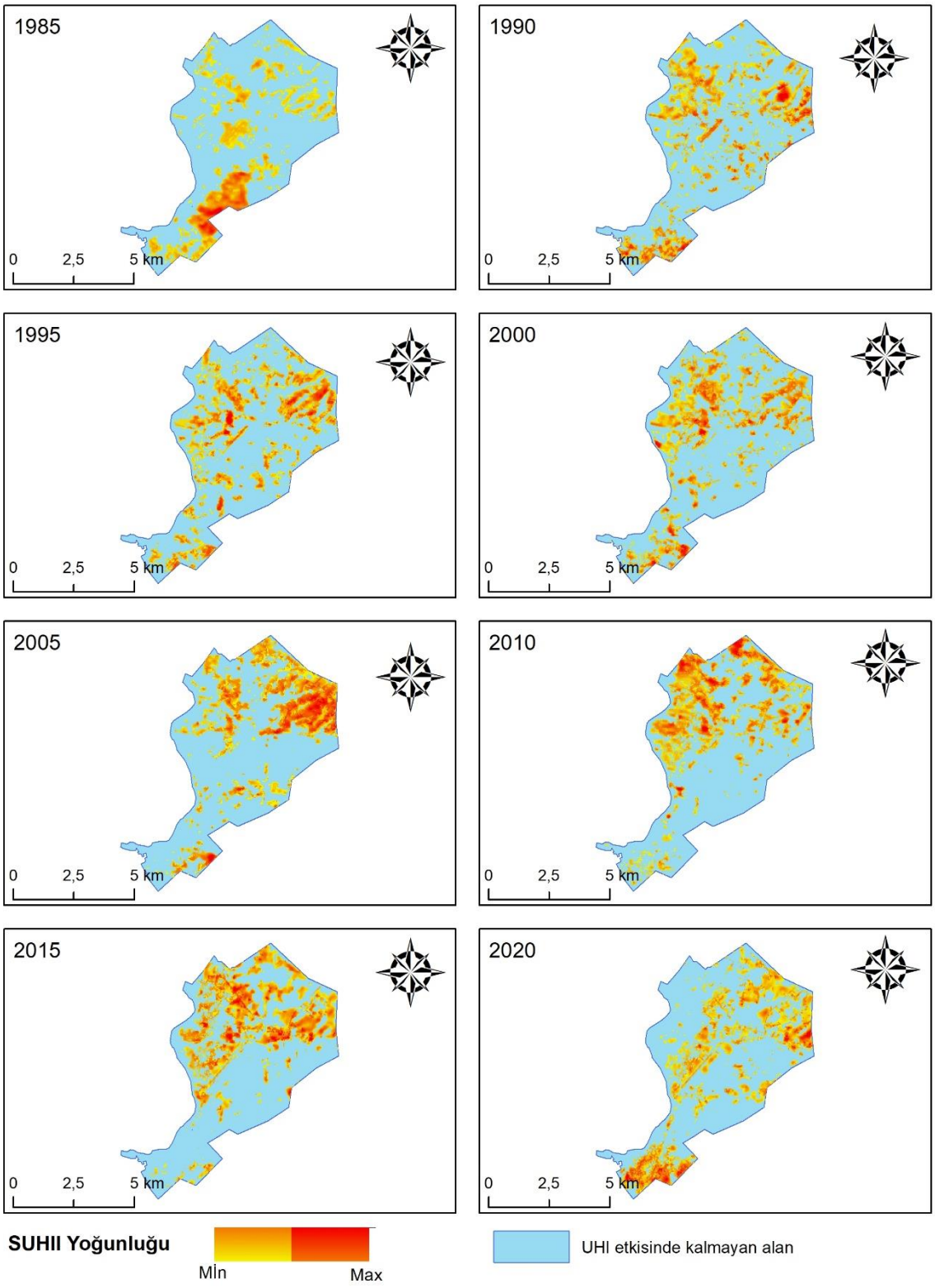
Şekil 4.53. Gelibolu İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması



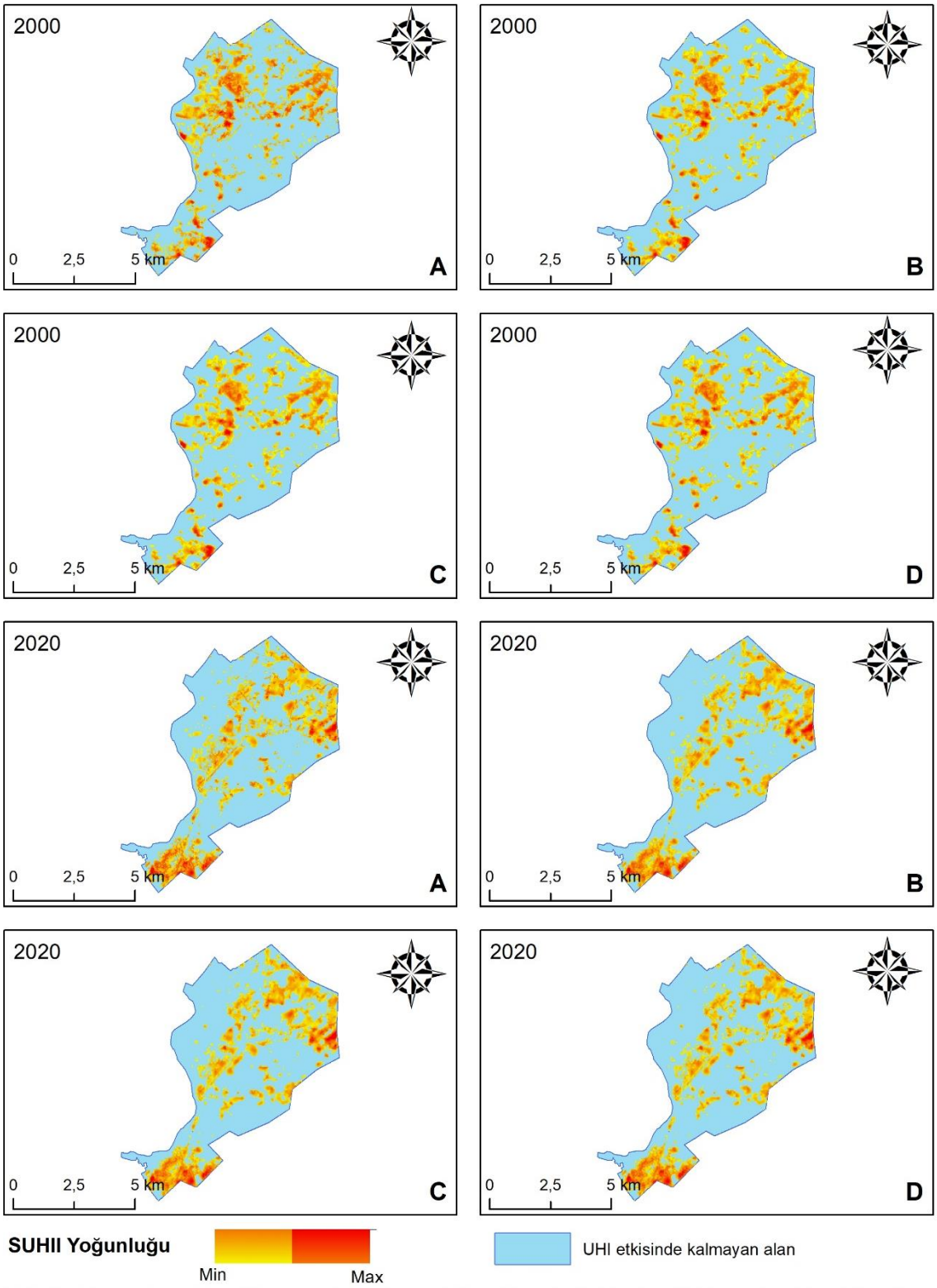
Şekil 4.54. Lapseki İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması



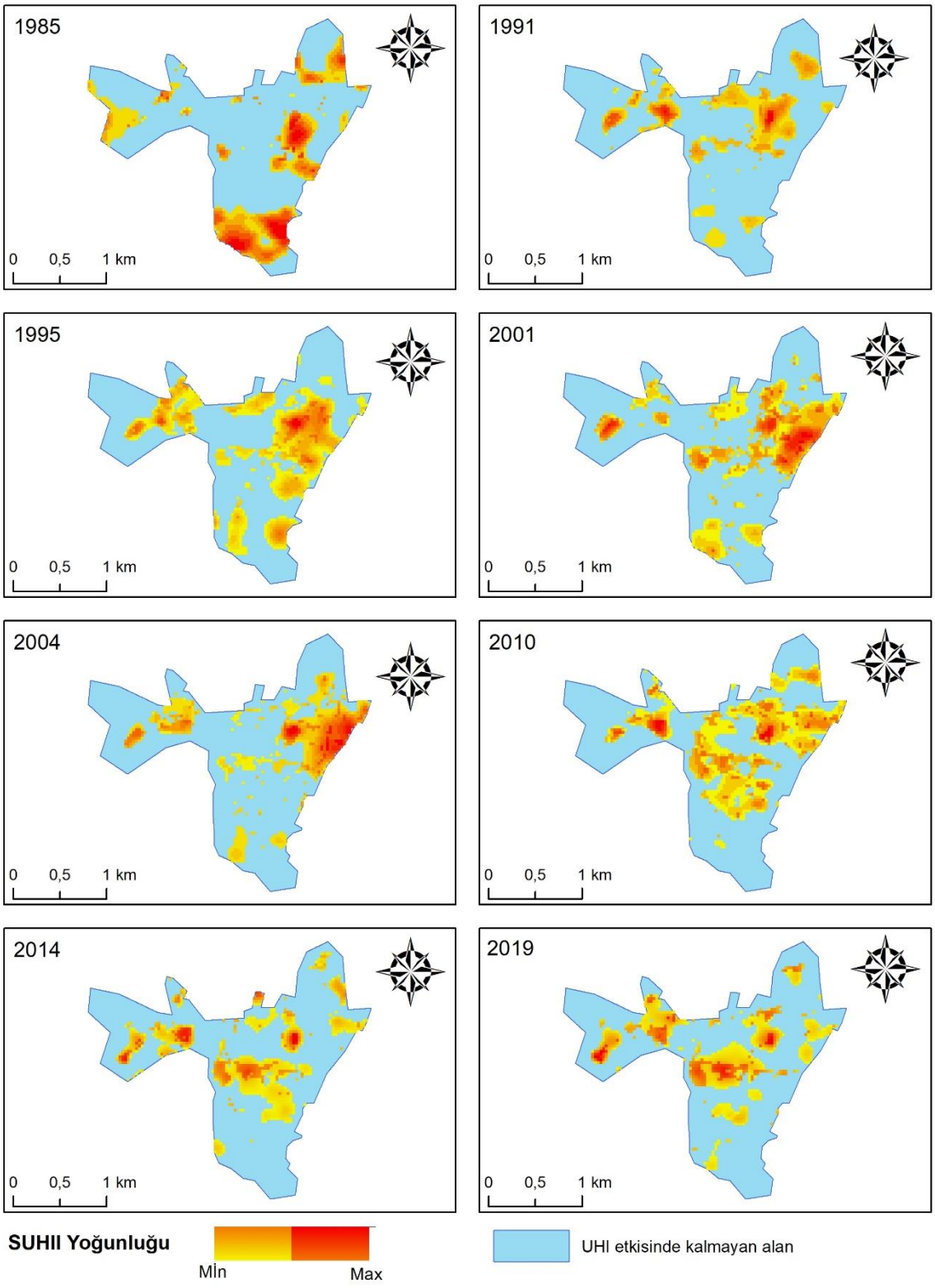
Şekil 4.55. Lapseki İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması



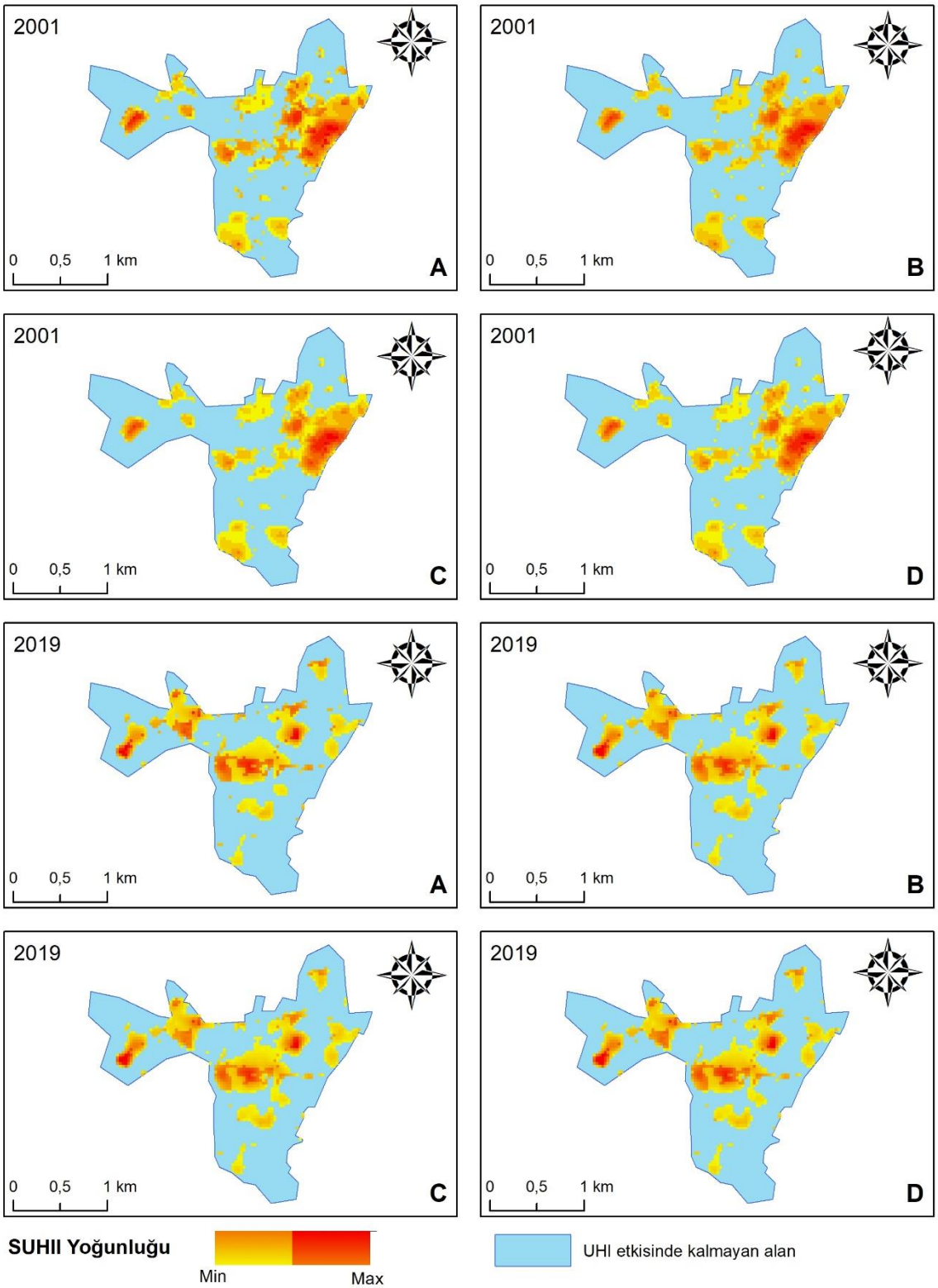
Şekil 4.56. Merkez İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması



Şekil 4.57. Merkez İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması



Şekil 4.58. Yenice İlçesinin Artis Carnahan Denklemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Haritalanması



Şekil 4.59. Yenice İlçesinin Dört Farklı Yer Yüzey Sıcaklığı Yöntemi ile Kent Isı Adası Etkisinin Karşılaştırılması

Genel olarak tüm ilçeler 1984 ile 2020 yılları arasındaki KIA alanları ve etkileri incelendiğinde 1984 yılında gözlemlenen KIA alanlarının ileriki yıllarda da aynı bölgeleri oluşturduğu ve bu alanların çıplak arazi ve yerleşim alanı arazilerinin yoğunluk gösterdiği görülmektedir. Son zamanlardaki yıllar incelendiğinde ise bu alanların çoğunu yerleşim alanlarının oluşturduğu çıplak arazi alanlarının ise KIA alanlarında yerini ilk yıllara göre yoğun bir şekilde oluşturamadığı gözlemlenmiştir. KIA etkilerinin yüksek sıcaklık değerlerine ulaştığı bölgelerde ise kent alanlarının geçirimsiz yüzey alanları bakımında daha yoğun olan, asfalt yollar, yüksek bina yapıları, havaalanı, hastaneler, okullar, endüstriyel sanayi alanları, pazar yerleri, alışveriş merkezleri, organize sanayi alanları, stadyum ve çevresi, kent içerisinde kalmış geniş çıplak araziler oluşturmaktadır. AC, TK, TP, RT Denklemleri ile oluşturulan KIA alanları ve etkilerinin birbirine yakın değerler oluşturmaktadır. Fakat TK, TP ve RT Denklemlerinin KIA etkisi alanlarına bakıldığında farklılıklar gözle görünemeyecek kadar azdır.

BEŞİNCİ BÖLÜM
SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Çanakkale'nin ilçelerinde dört farklı YYS denklemi kullanılarak KIA alanları ve bu ilçelerdeki SUHII incelenerek YYS denklemlerinin KIA ve SUHII çalışmalarındaki başarısı UA ve CBS teknikleri ile incelenmiştir.

İlk olarak Çanakkale'deki 1984 ile 2020 yılları arasındaki 181/32 ve 181/33 rota/sıra Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS temmuz ayı uydu görüntüleri temin edilmiştir. Çanakkale ilçelerinin farklı özelliklere sahip olması, KIA çalışmaları için AÖK, nüfus, yükselti ve denizsellik etkisi farklı sonuçlar göstermiştir.

İlçelerin özellikleri incelendiğinde aşağıdaki gibidir.

1) Ayvacık bölgesi ve çevresi, genel olarak çıplak arazi örtüsüne sahip ortalama 286 rakımlı, güney yönlü, denizsellik etkisi içerisinde kalmamış, 33751 nüfuslu ve 3.4 km^2 alana sahiptir.

2) Bayramiç bölgesi ve çevresi, orman alanlarının yoğun olduğu bir bölgede 95 rakımlı, güney yönlü, denizsellik etkisi içeresinde kalmamış, 29302 nüfuslu ve 4.4 km^2 alana sahiptir.

3) Biga bölgesi ve çevresi, çıplak, orman, yeşil alan ve kent alanlarının karma şekilde bulunduğu bir arazi örtüsüne sahiptir. Merkez ilçesinden sonraki en yüksek kentleşmenin olduğu ilçedir. Organize ve endüstriyel sanayisi güçlüdür. Ortalama 28 rakımlı, güney yönlü, denizsellik etkisi içerisinde kalmamış, 90272 nüfuslu ve 25.15km^2 alana sahiptir.

4) Çan bölgesi ve çevresi, orman ve çıplak arazi örtüsüne sahip ortalama 98 rakımlı, güney yönlü, denizsellik etkisi içerisinde kalmamış, 48376 nüfuslu ve 6.14 km^2 alana sahiptir. Hemen yakınında endüstriyel sanayi alanı bulunmaktadır.

5) Eceabat bölgesi ve çevresi, tarım ve orman alanı arazi örtüsüne sahip ortalama 33 rakımlı, doğu yönlü, denizsellik etkisi içerisinde 8863 nüfuslu ve 5.39 km^2 alana sahiptir.

6) Ezine bölgesi ve çevresi, tarım arazisi, orman alanı, çıplak arazi ve yakınından Karamenderes çay uzantısı geçmesinden dolayı karma bir arazi örtüsüne sahiptir. Ortalama 40 rakımlı, güney yönlü, denizsellik etkisi içerisinde kalmamış, 30723 nüfuslu, 4.28km^2 alana sahiptir.

7) Gelibolu bölgesi ve çevresi, tarım arazi, çıplak arazi ve orman alanları ile çevrili karma bir arazi örtüsüne sahiptir. Ortalama 10 rakımlı, doğu yönlü, denizsellik etkisi içerinde kalan, 43581 nüfuslu ve 46.85 km^2 alana sahiptir.

8) Lapseki bölgesi ve çevresi, tarım ve orman alanı arazi örtüsüne sahip, ortalama 7 rakımlı, güney yönlü, 28313 nüfuslu ve 8.6 km^2 alana sahiptir.

9) Merkez bölgesi ve çevresi, karma bir arazi örtüsü ile çevrelenmiş olsa da çevresi genel olarak orman ve tarım alanları ile çevrilidir. Ortalama 30 rakımlı, denizsellik etkisi içerisinde kalan, 184184 nüfuslu ve 42.74 km^2 alana sahiptir. Kentleşmenin yoğun olduğu bir bölgedir.

10) Yenice bölgesi ve çevresi, orman alanı arazi örtüsüne içerisinde kalmıştır. Ortalama 272 rakımlı, güney yönlü, denizsellik etkisi içerisinde kalmamış, 31023 nüfuslu ve 2.4 km^2 alana sahiptir.

KIA karakteri özellikleri aşağıdaki gibidir.

1) Uydu görüntülerinde sabah saatleri (9-10 GMT+3) kullanıldığı YYS değerleri gündüz saatlerini yansıtmaktadır. Bu yüzden KIA ve SUHII sabah saatlerinin verileri ile ilişkilidir.

2) YYS denklemlerinden elde edilen sonuçlara göre, 1984 ile 2020 yılları arasında Eceabat ilçesi haricindeki tüm ilçelerde pozitif KIA etkisi görülmüştür.

3) Kentsel alanlar ile özdeş bakı ve yükseltiye sahip kırsal alanların kullanıldığı çalışmada kent karakterinin etkisi ortaya çıkarılmıştır. Kırsal alanların ısı depolama yeteneği kentsel alanlara göre daha az olduğu için pozitif SUHII değerlerine ulaşılmıştır.

4) Endüstriyel bölgelere sahip olan Biga, Ezine ve Çan ilçelerinde KIA etkileri diğer ilçelere göre daha yüksek değerlerde ve 4.5°C ile 5.5°C arasında görülmüştür. Denizsellik etkisi altında kalan Merkez, Lapseki ve Eceabat ilçelerinde ise SUHII değerleri -1°C ile 2°C arasındadır. Orman alanları ile kaplı olan Bayramiç ve Yenice ilçelerinde ise bu durum 2°C ile 3°C arasındadır.

5) İlçe merkezlerindeki KIA alanlarının yıllık süreç içerisinde farklı alanlara kaydığı ve bu alanların yoğun yerleşim olduğu bölgelerde olduğu görülmüştür. Ayrıca ilçe merkezlerinde Pazar yerleri, hava alanı, sanayi alanları, işlek anayol çevresi, yoğun yapılaşmanın olduğu bölgelerde belirgin şekilde gözlemlenmiştir. Doğal park alanları, park

yerleri, ormanlık alanlar, yeşil alanlar gibi bölgelerde ise KIA alanlarına çok nadir rastlanılmıştır. Nadir olarak görülen bölgelerde ise yoğun kentleşmenin etkilerinin bu alanları etkilediği söylenilebilir.

6) Dört farklı YYS denklemleri KIA alanlarına göre incelendiğinde TK, TP ve RT denklemlerinin çok yakın bölgeleri belirtmiştir. Fakat AC denklemi diğer denklemler göre biraz daha farklı bölgeleri de içerdiği gözlemlenmiştir.

7) Yıllık süreç içerisinde KIA etkileri incelendiğinde KIA değerlerinin zaman içerisinde artış eğilimi içerisindedir. KIA etkisinde kalanlar alanlarında artış eğilimi içerisindedir. Kentleşmenin her geçen yıl daha fazla alanı kapladığı düşünüldüğünde bu değerlerin ortaya çıkması beklenilmektedir.

AÖK incelendiğinde aşağıdaki gibidir.

1) Genel olarak orman alanlarında ve yeşil alanlarda azalma meydana gelmekte iken kent alanlarında ve çıplak arazilerde artış meydana gelmiştir.

2) Kent alanlarındaki değişimler nüfusu yüksek olan şehirlerde daha fazla hissedilmiştir. En fazla kent alanının değişim gösterdiği ilçe Merkez ilçesi 12 km^2 artış gösterirken en düşük değişim Eceabat ilçesinde 0.5 km^2 artış şeklinde görülmüştür.

3) Orman alanları her ilçede azalma eğiliminde olmasına rağmen bazı ilçelerdeki orman alanlarındaki azalma dikkat çekmektedir. Bu ilçeler değişimleri ile birlikte şu şekildedir. Çanakkale (5km^2), Çan (1.4km^2), Lapseki (1.1km^2) değişim göstermiştir.

4) Çıplak arazilerin değişimleri genel olarak incelendiğinde net bir azalma ya da artış göstermemekle birlikte her ilçe için ayrı olarak incelendiğinde artma yada azalma eğilimleri olduğuna rastlanılmıştır.

Arazi örtülerinin sıcaklık değerleri incelendiğinde aşağıdaki gibidir.

1) Geçmişten günümüze arazi örtülerindeki sıcaklık değerlerinin dört farklı denklem içinde arttığı görülmektedir.

2) 1985 yılı incelendiğinde arazi örtüleri arasındaki sıcaklık değerleri yüksekten alçağa sırasıyla çıplak arazi, kent alanı, orman ve yeşil alan şeklinde iken 2020 yılına gelindiğinde bu sıralama değişerek kent alanı, çıplak arazi, yeşil alan ve orman alanı şeklinde olduğu ortaya konmuştur. Kent alanlarındaki değişim 32.46°C'den 33.52°C'e, Orman

alanları 31.79°C'den 31.60°C'e, çıplak arazi 33.28°C'den 33.40°C'e ve yeşil alanlar 31.33°C'den 31.90°C'e doğru değişim göstermiştir.

3) Bazı yıllardaki sıcaklık değerleri arazi örtülerinin en yüksek ve en düşük sıcaklık değerine rastlanılmasına neden olmuştur. 2004, 2014 ve 2015 yıllarında en yüksek sıcaklık değerleri gözlemlenirken en düşük sıcaklık değerlerine 1991, 2000, 2009 yıllarında görülmüştür. Ama 2015 yılı en yüksek iken genel olarak 2000 yılı ise en düşük yıl olarak göze çarpmaktadır.

YYS ve meteoroloji istasyonları arasındaki ilişkisi incelendiğinde aşağıdaki gibidir.

1) Dört farklı YYS denklemi ve 15 farklı meteoroloji istasyonu arasında pozitif korelasyon görülmüştür.

2) Rüzgâr, antropojenik ısı, evatransprasyon, yüzey albedosu gibi etkenlerin yerleşim alanlarına etki etmesi çok yüksek korelasyonların görülmesine engel olmuştur.

3) AC denklemi için en yüksek korelasyon Çan (0.92), Gürpınar (0,86) ve Kabatepe (0,86) istasyonlarında görülmüştür.

4) TK denklemi için en yüksek korelasyon Bayramiç (0.96), Kabatepe (0.92) ve Çan (0.91) istasyonlarında görülmüştür.

5) RT Denkleminde en yüksek korelasyon Kabatepe (0.96), Çan (0.94) istasyonlarında görülmüştür.

6) TP denkleminde en yüksek korelasyon Çan (0.95) ve Bayramiç (0.89) istasyonlarında görülmüştür.

7) Çan meteoroloji istasyonu tüm denklemler için yüksek korelasyon içermesine rağmen tüm istasyonların ortalama korelasyon değerlerinin yakın olduğu görülmüştür.

8) Yerleşim alanlarında bulunan istasyonlar kentsel etkilerden etkilendiği için kent alanı dışında bulunan Milli Park istasyonu tüm istasyonlar için en iyi RMSE değerlerini vermiştir. RMSE değerlerinin 0 yakın olması doğruluğa yakınlığı belirtmektedir. Denklemlerin Milli Park istasyonu için RMSE değerleri; AC (0.71), TP (1.97), TK (3.34), ve RT Denklemi (3.83) şeklindedir.

9) Ortalama RMSE değerlerinin başarı sıralaması incelendiğinde AC (5.79), TP (8.96), TK (10.39), RT Denklemi (10.84) şeklindedir.

YYS denklemleri incelendiğinde aşağıdaki gibidir.

1) AC, TK, TP ve RT Denklemlerinin kullanıldığı çalışmada tek bir termal bandın verilerini kullanarak oluşturulmaktadır. Denklemler için ortak kullanılan parametreler termal bant, yer yüzey yayınırlığıdır. Denklemler tek bir termal bant ve yer yüzey yayınırlığı kullanmasına rağmen kendi içlerinde farklı parametrelere ihtiyaç duymaktadır.

2) AC denklemi yükselen ve alçalan ışınım değerlerini karacisim ısıma sabiti içerisinde sabit bir değer şeklinde ele alır ve boltzman sabiti ile kullanılmaktadır.

3) TP denklemi yükselen ve alçalan ışınım, hava sıcaklığı değeri ve atmosferik geçirgenlik değerlerini kullanmaktadır.

4) RT denklemi ve TK denklemleri ise yükselen ve alçalan ışınım, atmosferik geçirgenlik değerlerine ihtiyaç duymaktadır.

5) Atmosferik geçirgenlik, yükselen ve alçalan ışınım değerleri zaman dilimleri içerisinde değişiklikler göstermektedir. Bizim bu verilere dakikalık şekilde ulaşamadığımızdan denklemler için net bir doğruluk söylenememektedir.

6) 1985 yılı incelendiğinde Çanakkale ilinde 40°C'nin üstünde değerler fazla görülmemesine rağmen 2020 yılında 40°C'nin üstünde değerler daha fazla görülmektedir.

7) Çıplak arazi örtülerinin yoğun olarak gözlemlendiği Ayvacık, Ezine, Gülpınar ve Behramkale bölgelerinde sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu alanlar olurken orman alanları ile kaplı Yenice, Bayramiç bölgelerinde en düşük sıcaklık değerlerine rastlanılmaktadır.

8) Dört farklı YYS denklemlerinin ortalama YYS değerleri incelendiğinde RT Denklemi en yüksek (39.47°C) AC denklemi en düşük (32.82°C) değerdedir. Ortalama Maksimum sıcaklık değerleri RT denklemi en yüksek (56.22°C) AC denklemi en düşük (46.82°C) değerdedir. Ortalama en düşük değerleri TP en düşük (13.55°C) AC en yüksek (16.81°C) şeklindedir.

Çalışma içerisinde çıkarılan sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde aşağıdaki gibidir.

1) Çanakkale bölgesinde KIA etkilerinin dereceleri yer yer farklılıklar göstersede genel olarak KIA etkileri gözlemlenmiştir.

2) KIA çalışmaları için belirlenen kırsal alanların bakı, yükseklik ve kent alanına en az 3 km mesafeden alınarak hesaplanması kente özgü değerlerin korunmasına ve daha sağlıklı sonuçlara sebep olmaktadır. Bu yüzden belirlenen kırsal alanların değişkenliği önemlidir.
3) Denizsellik etkisi içerisinde kalan ilçelerde KIA etkilerinin beklenilenden daha düşük seviyelerde olduğu görülmüştür.
4) Orman alanları içerisinde kalan ilçelerde KIA değerlerinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir.
5) Endüstriyel çalışmaların yapıldığı ilçelerde KIA en yüksek değerlerde gözlemlenmiştir.
6) Kent alanları genelde kırsal alanlardan daha sıcak YYS değerlerine sahiptir.
7) KIA etkilerinin incelenmesinde dört farklı YYS denklemi için KIA alanlarının ve SUHII değerlerinin benzer olduğu görülmüştür.
8) Nüfus miktarı ile SUHII sıcaklıkları arasındaki ilişkiye bakıldığında net bir çağrışım oluşturulamamıştır.
9) YYS değerlerinin düşük olduğu bölgelerde bitki örtüsü yoğunluğu fazladır.

KIA etkilerinin ortaya çıkması ve yayılması çeşitli faktörlerin etkisi altında gerçekleşmektedir. KIA etkilerinin gözlemlendiği alanları belirlemek ve boyutlarının azaltmak için farklı stratejiler önerilmektedir. AÖK ve YYS arasındaki ilişkelerinin incelenmesinin yanı sıra Çanakkale ilindeki 10 ilçenin KIA etkilerini incelemek bu çalışmanın ana hedefidir. Buna göre çalışma içerisinde AÖK ile YYS arasındaki ilişki ve ilçelerin AÖK değişimleri incelenmektedir. Ana hedef olarak belirlenen KIA alanlarının belirlenmesi ve KIA etkilerinin düzeyini belirlemek için ise SUHII değerleri ortaya konulmaktadır. Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri, çalışma alanın YYS ve AÖK haritalarının hazırlanmasında ve ilçelerin KIA etkilerinin analiz edilmesinde kullanılmaktadır. Sonuçlara göre endüstiriyel alanlar, hava alanları, çıplak araziler ve yoğun yerleşim alanları KIA etkilerinden en fazla etkilenen arazi kullanımlarıdır.

Bu çalışma ile elde edilen bulgular doğrultusunda, Çanakkale ili ve ilçelerinde kent ısı adası etkisi oluşumunu engellemek ve kentsel termal çevre üzerinde oluşan olumsuz etkilerin

azaltılması için önlemlerin alınması gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Öncelikli olarak kent ısı adası odaklı çalışmalar yürüten farklı disiplinlerden araştırmacılar ile daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Çünkü kent ısı adasına yönelik çözümler dikkate alındığında, sorunun sadece sıcaklık kaynaklı olduğu üzerinde durulmaktadır. Tek bakış açısına dayalı çözümler farklı alanları ilgilendiren yeni çalışmaların ihtiyaç odağı haline gelmektedir. Bu bağlamda sıcaklığın önüne geçebilmek için inşaat, ziraat, şehir ve bölge planlama, mimarlık ve peyzaj gibi birçok alan ile kamu kureewum ve kuruluşlarına, STK'lara ve özellikle de bireylere toplum tabanlı yönelimler için ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaçlar çerçevesinde örneğin, mahalle ölçekli bir yapılanmada kişilerin örgütlenerek evlerinin balkonlarına koyduğu bir bitkinin bile sıcaklık değişimine katkı sağlayacağı düşünülebilir. Bu durum dikkate alınarak, çözüm odaklarının faydalarını arttırmaya katkıda bulunabilmek amacıyla makro ve mikro ölçekli projeler hazırlanabilir. Bu projeler kent ısı adası etkisinde kalan alanların belirlenmesinde, sıcaklık etkisinin gözlemlenmesinde, sokak ve cadde gibi ulaşım yollarında gölgelendirme, bölge için bitki örtüsü, inşaat malzemelerinde renk seçimleri, ısıya dayanıklı ve binayı rahatlatıcı çatı sistemleri, termal konfora sahip bina modelleri, yağmur suyu yönetimi vb. projeleri içerebilir. Türkiye'de afet yönetimi ve iklim değişikliği entegrasyonunda hali hazırda var olan ve hazırlanan çalışmalar ele alındığında, yeterli seviyede olmadığı ve eksik olduğu görülmektedir. Ülkemizde afet ve deprem farkındalığı gibi konuların özellikle Marmara Depremi sonrası yaşanan süreçte bile hala tam anlamıyla toplumun tüm kesimlerinde yeterli seviyede bulunmuyor oluşu iklim değişikliğine bağlı kent ısı adası özelinde de gelecek kuşaklar için büyük bir sorun olarak görülmeli ve kent ısısına yönelik farkındalık oluşturma çalışmalarının yapılması ilgili kurum ve kuruluşlar, özel sektör, STK ve üniversiteler ile iş birliği ve koordinasyon çerçevesinde yürütülmelidir. Kent ısı adası etkilerini azaltmak için dört temel faktör dikkkate alınarak düzeltmeler yapılmasının gerekliliği ön plana çıkmaktadır. İlk olarak, arazi kullanımındaki değişikliği önlemek için, temel olarak ağaçların ve yeşil alanların arttırılması ve ısı emici malzemelerin azaltılması gerekmektedir (Albayrak, 2017). İkincisi, atık ısı sorunu için temel olarak binalarda ve ulaşımda enerjinin farkındalığı gerekmektedir (Erdede ve Sebahattin, 2018). Üçüncüsü, hava kirliliği sorunu için kent ısı adaları ideal koşullarda ısı tutucu bariyer görevi gören bir duman oluştur bunun engellenmesi ya da azaltılması gerekmedir (Uygur, 2015). Son olarak da kentsel geometri sorunu için temel olarak bir şehrin boyutu ve şeklinin yanı sıra sokakların ve binaların düzenlendiği modeller geliştirilmesi gerekmektedir. Dört faktörü ele alarak incelediğimizde gerekli önlemler şu şekilde sıralanabilir; Şehirlerin içinde

ve çevresinde ağaç dikme uygulaması, güneş ışınımını yansıtmanın ve aynı zamanda kentsel ısı adası etkisini azaltmaya yardımcı olabilmektedir. Ağaçlar gölge sağlar, karbondioksiti emer, oksijeni ve temiz havayı serbest bırakır ve dış alanı rahat tutarak serinletici bir etki sağlar. Yaprak döken ağaçlar kentsel alanlar için idealdir. Çünkü yazın bölgeyi serinletirler ve kışın herhangi bir sıcaklığı engellemezler (Çetinkaya, 2020). Bu yüzden kent alanlarındaki konutlar, kamu binaları, askeri alanlar, okul bahçeleri çevrelerinde asfalt türevli malzemeler ile kaplamak yerine bitkilendirilmelidir. Kent içindeki açık yeşil alanlar mutlaka korunmalı, yeşil alanların miktarı arttırılmalıdır. Kent içindeki parklardaki ağaç dokusu arttırılmalı, geçirimsiz yüzey kullanımı azaltılmalıdır. Kentsel alanlardaki alan sınırlı olabilir ancak küçük yeşil altyapı uygulamalarını çimenli veya çorak alanlara, boş arazilere ve sokak geçiş haklarına kolayca entegre edilebilmektedir. Geçirimsiz yüzey alanlarına sahip ulaşım yollarına bitkilendirme çalışmaları yapılabilmektedir. Farklı bitki türlerinin farklı bölgelerde termal çevre üzerinde yarattığı etki araştırılarak kentsel tasarım ile entegre edilmesi gerekmektedir. Yayaların kent içi hareketlerinde gölgeli ve korunaklı alanlarda yürüyüşü teşvik edilecek alanlar oluşturulmalıdır. Uzun vadede kentsel termal konforun artmasına ve kent sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerin azalmasında da yardımcı olacaktır (Temiz ve Sağlık, 2021). Isıya dayanıklı ve sağlıklı ev tasarımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Sürekli yalıtım ve üç camlı pencereler gibi özellikler binanın sıcaklığını korumaya yardımcı olmaktadır bu nedenle tercih edilmelerinin teşviği sağlanabilir. Yapıların cephelerinde ısının depolanma miktarını azaltan açık renkli boyalar kullanılmalı, yeşil bina yapıları oluşturularak sıcaklıklar düşürülmelidir. Yapıların cephelerinde ayna, cam gibi çok yansıtıcı özelliğe sahip malzemelerin yüksek oranda kullanılmamalıdır. Geleneksel olarak tercih edilen asfalt ve katran su geçirmez, sağlam, esnek ve karmaşık çatı şekillerine uygulanması kolaydır. Fakat siyah ve donuk renkler çok fazla güneş ısısını emer bu da genel olarak sıcak bazen de kavurucu sıcak yüzeylere neden olur (Özdemir, 2020). Bu nedenle açık renkli beton ve beyaz çatı kullanılması, ışığı yüzde 50'ye kadar yansıtmada ve sıcaklığı düşürmede çok etkilidir (Kuşçu Şimşek, 2013). Aynı zamanda açık renkli ve beyaz çatılar genel maliyetlerin azalmasına da neden olur. Yeşil çatı kaplama, tıpkı bir bahçeye dikilebilir gibi çatıya çim veya bitki dikme uygulamasıdır. Çatıdaki bitkiler yaz aylarında mükemmel bir yalıtım görevi görür (Kalfa vd., 2018). Ayrıca bitkiler karbondioksiti emdiği ve temiz hava ürettiği için hava kalitesini de iyileştirmektedir (Aras, 2019). Alışveriş merkezleri geçirimsiz yüzey alanlarının yoğun olarak kullanıldığı yapı malzemeleri ile yapılmaktadır. Bu yüzden çevrelerinde mutlaka yeşillendirme çalışmaları yapılmalıdır. Konut alanlarında artan araba

sahipliliğine bağlı olarak boş alanlar hızla otopark alanına dönüştürülmelidir. Araçlarımızı park ederken kesinlikle sürdürülebilir alt yapı stratejileri ya da kapalı otopark alanlarını tercih edilmelidir. Spesifik olarak, sıcaklıkların yükselmesine karşı koruma sağlar. Otopark alanlarında ek olarak ise gerekli soğutma sistemleri kullanılmalıdır. Böylece arabalar park edildiğinde ısınmazlar veya ısı veremezler (Urbanland, 2020). Kentlerin yerleştiği bölgelerin iklimleri ve hava koridorları incelenerek gerekli önlemler alınmalıdır. Kent alanlarının rüzgâr haritaları çıkartılarak incelenmeli ve bu verilere göre kentsel gelişim projeleri hazırlanmalıdır. Bina yüksekliği ve rüzgâr koridorları da düşünülerek yeniden yapı aralıkları belirlenmelidir. Bina çevrelerindeki ağaçların konumları yaz güneşini azaltacak, kış güneşinden faydalanmayı arttıracak şekilde düzenlenmelidir. Güneş battığında, pencereleri ve kapıları açmalıyız. Sıcak gündüz saatleri içerisinde evde biriken sıcak havayı, evinize daha soğuk havanın girmesine izin vererek serbest bırakmalıyız. Bu sayede havayı dolaştırmış oluruz. Yağmur suyu azaltma sistemleri kullanılmalıdır. Su sıcak zamanlarda serinletici etki sağlamaktadır (Akşit ve Duman, 2020). Çimlerin ve yeşilliklerin sulanması, kaldırımların soğutulması, çatı yüzeylerinin soğutulması bölge sıcaklığını düşürmektedir (Eksi ve Uzun, 2016). Isınabilen ve soğutabilen sistemlerin kullanılması yıl boyunca binaları ve evleri kışın sıcak tutar ve sıcak hava dalgası zamanında ise soğutmakta yarar sağlamaktadır. Isıtma ve soğutma sistemleri iç mekân ikliminin daha rahat şekilde yönetme yeteneği sağlamaktadır. Bu sayede dışarıdaki bunaltıcı ısıdan rahatsız olunmaz. Bina materyalinin neyden yapıldığına bakılmaksızın ısıtma ve soğutma sistemlerinin enerji tüketimimizi düşük tutarken, güvenilir ve sürdürülebilir ısıtma ve soğutmayı sağlar (Akmalı Özçiftçi, 2010). Düşük karbonlu yakıt standartları ve yenilebilir enerji kullanımı gibi çevre politikalarına ilişkin AB direktifleri, kentsel ısı adası etkisi sorununu önemli ölçüde azaltabilmektedir. Daha az emisyonla atmosferdeki sera gazı seviyesi azaltılabilir (Özmen, 2009). Bu da iklim değişikliği ve küresel ısınmanın etkilerini azaltmaktadır. Eğitim ve sosyal yardım, toplulukların ağaç dikmesi gibi etkinliklerden haberdar olmalarını sağlamak da yardımcı olabilmektedir. Hem toplum liderleri hem de mülk sahipleri iklim konusunda diyaloglara girmesi çok önemlidir. Ani değişen hava olayları, kent ısı adası etkisi, orman yangınları, kuraklık vb. afetler için iklime dayanıklı şehirlerin yapılması bir lüks değildir aksine artık bu bir zorunluluk haline gelmiştir. Gelecek yıllar düşünüldüğünde ise acil bir mesele haline geldiği görülmektedir.

Bu tez çalışması KIA'nın tespiti ve değişim analizi konularında uzaktan algılama ile neler yapılabileceği hakkında bigiler sunmuştur. Uzaktan algılamanın KIA çalışmaları açısından

önemi bir kez daha ortaya konmuştur. Farklı yöntemlerin karşılaştırılmasını içermektedir ve böylece sonraki çalışmalara altlık oluşturabilir. Gelecek çalışmalarda uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yöntemlerinin bir arada bütünleşik kullanılması ile kent iklimi ve kent ısı adasını içeren "kent ısı adası bilgi sistemi" oluşturulmalıdır. Bu sayede kentlerdeki ve çevresindeki değişimler aktif olarak izlenebilecek ve önlem alınması gereken hususlar hızlıca tespit edilebilecektir.

KAYNAKÇA

Akşit, S. ve Duman, C. (2020). Gökpınar Baraj Gölü'nün Hissedilen Sıcaklık Değerleri Üzerindeki Etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*. 74(4). 7-15.

Akmalı Özçiftçi, S. (2010). Ekolojik Binalarda Enerjinin Etkin Kullanılmasının İrdelenmesi. Doktara Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Akyürek, Ö., (2020). Termal Uzaktan Algılama Görüntüleri ile Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi: Kocaeli Örneği. *Doğal Afetler Ve Çevre Dergisi*, 6(2), 377-390.

Albayrak, D. (2017). Peyzaj Mimarlığı Faaliyet Alanı İçin Çevresel Performans Sertifikası Geliştirme Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

Aliyazıcıoğlu, P. (2019). Uydu Görüntüleri Üzerinden Kontrollü Sınıflandırma Yöntemi ile Bitki Deseninin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Alkan, A., Adıgüzel, F. ve Kaya, E. (2017). Batman Kentinde Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. *Coğrafya Dergisi*, (34), 62-76.

Altuntaş, A. (2012). Sürdürülebilir Toplumlar Ve Metropollerin Baskılarından Kurtulmak İçin Alternatif Bir Yol: Sürdürülebilir Kentler/Sustainable Communities and an Alternative Way to Escape the Pressures of Metropolis: Sustainable Cities. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(17), 135-148.

Aras Baran, B. (2019). Kentsel Sürdürülebilirlik Kapsamında Yeşil Çatı Uygulamaları. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 469-504.

Artis, D. A. ve Carnahan, W. H. (1982). Survey of Emissivity Variability in Thermography of Urban Areas. Remote sensing of Environment, 12(4), 313-329.

Aslan, M. ve Mutlu, Ç. I. (2019). Küresel Isınmanın Etkileri ve Hemşirelik. *Sağlık ve Hemşirelik Yönetimi Dergisi*, *6*(3), 249-255.

Athukorala, D. ve Murayama, Y. (2021). Urban Heat Island Formation in Greater Cairo: Spatio-Temporal Analysis Of Daytime And Nighttime Land Surface Temperatures Along The Urban–Rural Gradient. *Remote Sensing*, 13(7), 1396.

Aykır, D. (2017). Türkiye'de Ekstrem Sıcaklık İndislerinin Eğilimlerinde Şehirleşmenin Etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi,* (69), 47-57.

Barsi, J. A., Schott, J. R., Palluconi, F. D. ve Hook, S. J. (2005, August). Validation of a Web-based Atmospheric Correction Tool for Single Thermal Band İnstruments. In Earth observing systems X (Vol. 5882, p. 58820E). International Society for Optics and Photonics.

Battal, S., Güllüdere, B., Çelik, S., Demir, N. ve Koç San, D. (2016). Multispektral Uydu Ve Yapay Açıklıklı Radar Verileri Kullanılarak Eber Gölünün Alan Ve Değişiminin Tespiti. *6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016)*, 5-7, Adana.

Bayar, R. ve Karabacak, K. (2017). Ankara İli Arazi Örtüsü Değişimi (2000-2012). *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 15(1), 59-76.

Bayraç, H. N. (2010). Enerji Kullanımının Küresel Isınmaya Etkisi ve Önleyici Politikalar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 229-259.

Becker, F., & Li, Z. L. (1995). Surface Temperature And Emissivity at Various Scales: Definition, Measurement and Related Problems. *Remote Sensing Reviews*, 12(3-4), 225-253.

Belenoğlu, İ. (2019). Kısa ve Uzun Dalga Boyu Kızılötesi Hiperspektral Görüntülerde Hedef Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Blankenstein, S. ve Kuttler, W. (2004). Impact Of Street Geometry On Downward Longwave Radiation And Air Temperature İn An Urban Environment. *Meteorologische Zeitschrift*, *13*(5), 373-380.

Bonan, G. B., Levis, S., Kergoat, L. ve Oleson, K. W. (2002). Landscapes As Patches Of Plant Functional Types: An İntegrating Concept For Climate And Ecosystem Models. *Global Biogeochemical Cycles*, 16(2), 5-1.

Bornstein, R. ve Lin, Q. (2000). Urban Heat İslands And Summertime Convective Thunderstorms İn Atlanta: Three Case Studies. *Atmospheric Environment*, *34*(3), 507-516.

Bruzzone, L., & Persello, C. (2009). A Novel Approach To The Selection Of Spatially İnvariant Features For The Classification Of Hyperspectral İmages With İmproved Generalization Capability. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, 47(9), 3180-3191.

Canan, F. (2017). Kent Geometrisine Bağlı Olarak Kentsel Isı Adası Etkisinin Belirlenmesi: Konya Örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(3), 69-80.*

Carlson, T. N., & Ripley, D. A. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote sensing of Environment*, 62(3), 241-252.

Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 893-903.

Çağlayan, N. ve Ertekin, C. (2018). Farklı Dalga Boylu Led Işıklarının Yeşil Yapraklı Bitkilerin Gelişimi Üzerindeki Etkileri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14(2), 105-114.

Türkoğlu, N., Çalışkan, O., Çiçek, İ. ve Yılmaz, E. (2012). Şehirleşmenin biyoklimatik koşullara etkisinin Ankara ölçeğinde incelenmesi. *International Journal of Human Sciences*, 9(1), 933-955.

Çamoğlu, G., & Genç, L. (2013). Taze Fasulyede Su Stresinin Belirlenmesinde Termal Görüntülerin Ve Spektral Verilerin Kullanımı. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1), 15-27.

Çelik, B. (2013). Yeryüzü Sıcaklıklarının Uzaktan Algılama Tekniği İle Belirlenmesi: Tek-Kanal Yöntemleri. Doktota Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Chen, X. L., Zhao, H. M., Li, P. X. ve Yin, Z. Y. (2006). Remote Sensing İmage-Based Analysis Of The Relationship Between Urban Heat İsland And Land Use/Cover Changes. *Remote Sensing Of Environment*, 104(2), 133-146.

Chun, B. ve Guldmann, J. M. (2014). Spatial Statistical Analysis And Simulation Of The Urban Heat İsland İn High-Density Central Cities. *Landscape And Urban Planning*, 125, 76-88.

Çanakkale Belediyesi, (2020) Çanakkale Belediyesi Coğrafi Yapı. Erişim Adresi: https://www.canakkale.bel.tr/tr/sayfa/1125-cografi-yapi

Çanakkaleletso. (2020) Çanakkale Ticaret ve Sanayi Odası Coğrafi Konum. Erişim Adresi: http://www.canakkaletso.org.tr/%C3%87anakkale/Co%C4%9FrafiKonum/tabid/16899/Default.aspx

Çanakkale İSM (2020) Çanakkale İl Sağlık Müdürlüğü Coğrafi Yapı. Erişim Adresi: https://canakkaleism.saglik.gov.tr/TR,34905/cografi-yapi.html.

Çetinkaya, A. (2020). Şehir ve Doğadaki Dostlarmız Ağaçların 18 Faydası. Erişim: 28.08.2021. https://www.plantdergisi.com/peyzaj-yuksek-mimari-abdurrahman-cetinkaya/sehir-ve-dogadaki-dostlarimiz-agaclarin-18-faydasi.html.

Çiçek, İ. ve Doğan, U. (2005). Ankara'da Şehir Isı Adasının İncelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3(1), 57-72.

Dağlıyar, A., Avdan, U., Uça Avcı, Z.D., (2015) Uzaktan Algılama Verileri Yardımıyla Kahramanmaraş İli Ve Çevresinin Yer Yüzey Sıcaklığının Belirlenmesi. *TUFUAB VII. Teknik Sempozyumu,* 21-23 Mayıs 2015, Konya.

Dale, V. H., Joyce, L. A., Mcnulty, S. ve Neilson, R. P. (2000). The İnterplay Between Climate Change, Forests, And Disturbances. *Science Of The Total Environment,* 262(3), 201-204.

Deilami, K., Kamruzzaman, M. ve Liu, Y. (2018). Urban Heat İsland Effect: A Systematic Review Of Spatio-Temporal Factors, Data, Methods, And Mitigation Measures. *International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation*, 67, 30-42.

De Lorenzo, A., & Liaño, F. (2017). High Temperatures And Nephrology: The Climate Change Problem. *Nefrología (English Edition)*, 37(5), 492-500.

Demir, A. (2009). Küresel İklim Değişikliğinin Biyolojik Çeşitlilik Ve Ekosistem Kaynakları Üzerine Etkisi. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 1(2), 37-54.

Ekşi, M. ve Uzun, A. (2016). Yeşil Çatı Sistemlerinin Su ve Enerji Dengesi Açışından Değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 66(1), 119-138.

EPA (2009) 'Reducing Urban Heat Islands: Compendium Of Strategies Urban Heat Island Basics', Erişim: 5 Nisan 2019, https://www.epa.gov.tr.

Erdede, S. B., & Bektaş, S. (2018). Türkiye İçin Yeşil Bina Sertifika Sistemi Gerekliliği. *In 2nd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies*, November. 138-143.

Es, M., Çakıcı, K. ve Doğan, A. S. (2020). Türkiye'de Göç ve Şehirleşme İlişkisi.

Disiplinlerarası Sosyal Politika Çalışmaları-1

Explorer, U. E. (2019). United States Geological Survey. Erişim: Şubat, 12, 2019, . http://earthexplorer. usgs. gov/.

Fan, C., Myint, S. W., Kaplan, S., Middel, A., Zheng, B., Rahman, A. ve Blumberg, D. G. (2017). Understanding The İmpact Of Urbanization On Surface Urban Heat İslands-A Longitudinal Analysis Of The Oasis Effect İn Subtropical Desert Cities. *Remote Sensing*, 9(7), 672.

Foody, G. M. (2008). Harshness in İmage Classification Accuracy Assessment. *International Journal of Remote Sensing*, 29(11), 3137-3158.

Gallo, K. P., Mcnab, A. L., Karl, T. R., Brown, J. F., Hood, J. J. ve Tarpley, J. D. (1993). The Use Of NOAA AVHRR Data For Assessment Of The Urban Heat İsland Effect. *Journal Of Applied Meteorology And Climatology*, 32(5), 899-908.

Gerçek, D. ve Bayraktar, 2014. Kentsel Isı Adası Etkisinin Uzaktan Algılama İle Tespiti Ve Değerlendirilmesi: İzmit Kenti Örneği. *Uzaktan Algılama Ve Cbs Sempozyumu*, 2014 İstanbul.

Giardino, M. J. (2011). A History Of NASA Remote Sensing Contributions To Archaeology. *Journal Of Archaeological Science*, 38(9), 2003-2009.

Grimmond, C. S. B. (2006). Progress İn Measuring And Observing The Urban Atmosphere. *Theoretical And Applied Climatology*, 84(1), 3-22.

Groveman, B. S., & Landsberg, H. E. (1979). Simulated Northern Hemisphere Temperature Departures 1579-1880. *Geophysical Research Letters*, 6(10), 767-769.

Guangmeng, G., & Mei, Z. (2004). Using MODIS Land Surface Temperature To Evaluate Forest Fire Risk Of Northeast China. *IEEE Geoscience And Remote Sensing Letters*, 1(2), 98-100.

Güler, M., & Parlıyan, B. M. Roman Toplumunun Kentlileşememesi Kapsamında Suç Ve Kent İlişkisi: Edirne Örneği. *Kent Ve Çevre Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 40-73.

Hammon, W. H., & Duenckel, F. W. (1902). Abstract Of A Comparison Of The Minimum Temperatures Recorded At The United States Weather Bureau And The Forest Park Meteorological Observatories, St. Louis, MO., For The Year 1891. *Monthly Weather Review*, 30(1), 12-13.

Harman, I. N., & Belcher, S. E. (2006). The Surface Energy Balance And Boundary Layer Over Urban Street Canyons. *Quarterly Journal Of The Royal Meteorological Society: A Journal Of The Atmospheric Sciences, Applied Meteorology And Physical Oceanography*, 132(621), 2749-2768.

Howard, L. (1833). *The Climate Of London: Deduced From Meteorological Observations Made İn The Metropolis And At Various Places Around İt* (Cilt. 3). London.

Imhoff, M. L., Zhang, P., Wolfe, R. E. ve Bounoua, L. (2010). Remote Sensing Of The Urban Heat İsland Effect Across Biomes İn The Continental USA. *Remote Sensing Of Environment*, 114(3), 504-513.

Jiménez-Muñoz, J. C. ve Sobrino, J. A. (2003). A Generalized Single-Channel Method For Retrieving Land Surface Temperature From Remote Sensing Data. *Journal Of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(22).

Jiménez-Muñoz, J. C. ve Sobrino, J. A. (2008). Split-window coefficients for land surface temperature retrieval from low-resolution thermal infrared sensors. *IEEE geoscience and remote sensing letters*, 5(4), 806-809.

Jones, P. D., Lister, D. H. ve Li, Q. (2008). Urbanization Effects İn Large-Scale Temperature Records, With An Emphasis On China. *Journal Of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(16).

Jones, P. D. ve Lister, D. H. (2009). The Urban Heat İsland İn Central London And Urban-Related Warming Trends İn Central London Since 1900. *Weather*, 64(12), 323-327.

Kadıoğlu, M. (2008), Modern, bütünleşik afet yönetiminin temel ilkeleri; Afet zararlarını azaltmanın temel ilkeleri, JICA Türkiye Ofisi Yayınları, No:2, Ankara, 1-34.

Kalfa Maçka, S., Haydaraslan Sümer, K. ve Yaşar, Y. (2018). Yeşil Bina Kabuğu Elemanlarının Sürdürebilirlik Bağlamında İncelenmesi. 9. Ulusal Çatı ve Cephe Konferansı, 12-13 Nisan, İstanbul.

Kapluhan, E. (2014). Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) Coğrafya Öğretiminde Kullanımının Önemi ve Gerekliliği. *Marmara Coğrafya Dergisi,*(29), 34-59.

Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R. T., Anderson, M., Imhoff, M. L., Gutman, G. G. ve Goldberg, A. (2010). Use Of NDVI And Land Surface Temperature For Drought Assessment: Merits And Limitations. *Journal Of Climate*, 23(3), 618-633.

Kavzoğlu, T. ve Çölkesen, İ., (2011). Uzaktan Algılama Teknolojileri Ve Uygulama Alanları. Türkiye'de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı, 26-27 Mayıs 2011, Okan Üniversitesi, İstanbul.

Kim, H.H., (1992). Urban Heat Island. *International Journal Of Remote Sensing*, 13(12), 1992, 319-336.

Kleerekoper, L., Van Esch, M., & Salcedo, T. B. (2012). How to Make a City Climate-proof, Addressing the Urban Heat Island Effect. *Conservation and Recycling*, 64, 30-38.

Kolokotroni, M., Ren, X., Davies, M. ve Mavrogianni, A. (2012). London's Urban Heat İsland: Impact On Current And Future Energy Consumption İn Office Buildings. *Energy And Buildings*, 47, 302-311.

Korkut, A., Kiper, T., Üstün, T.T. (2017). Kentsel Peyzaj Tasarımda Ekolojik Yaklaşımlar. *ARTİUM*, 5(1), 14-26.

Koyuncu, M. ve Akgün, H. (2018). Çiftlik Hayvanları Ve Küresel İklim Değişikliği Arasındaki Etkileşim. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 151-164.

Kum, G. ve Gönençgil, B. (2006). Göztepe, Kandilli ve Şile Sıcaklık Verileri Kullanılarak İstanbul‟ Da Şehir Isı Adası Etüdü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Kuşçu Şimşek, Ç. (2013). İstanbul'da Kentsel İklim Üzerine Antropojenik Etkiler: Kent Isı Adalarının İncelenmesi. Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.

Lac, C., Donnelly, R.P., Masson, V., Pal, S., Riette, S., Donier, S., Queguiner, S., Tanguy, G., Ammoura, L., Ve Xuref – Remy, I., (2013). CO2 Dispersion Modelling Over Paris Region Withing The CO2 – Megaparis Project

Lo, C. P., & Quattrochi, D. A. (2003). Land-Use And Land-Cover Change, Urban Heat İsland Phenomenon, And Health İmplications. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(9), 1053-1063.

İstasyon Verileri, (2019) Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Erişim Adresi: https://www.mgm.gov.tr/Meteouyari/il.aspx?id=91701&Gun=1

Miles, V. ve Esau, I. (2020). Surface Urban Heat İslands İn 57 Cities Across Different Climates İn Northern Fennoscandia. *Urban Climate*, 31, 100575.

Miles, V. ve Esau, I. (2017). Seasonal And Spatial Characteristics Of Urban Heat İslands in Northern West Siberian Cities. *Remote Sensing*, 9(10), 989.

Mirzaei, P. A. (2015). Recent Challenges İn Modeling Of Urban Heat İsland. *Sustainable Cities And Society*, 19, 200-206.

Mohamed, N. A. H., Salih, E. M. ve Abdu, A. S. (2011). Monitoring vegetation degradation as indicator of desertification in sudan using NDVI data (1993–2003). *Sudan Journal Desert Research*,3(1), 15–27.

Mohan, M., Pathan, S. K., Narendrareddy, K., Kandya, A. ve Pandey, S. (2011). Dynamics Of Urbanization And İts İmpact On Land-Use/Land-Cover: A Case Study Of Megacity Delhi. *Journal Of Environmental Protection*, 2(09), 1274.

Norman, J. M., & Becker, F. (1995). Terminology İn Thermal İnfrared Remote Sensing Of Natural Surfaces. *Agricultural And Forest Meteorology*, 77(3-4), 153-166.

Oke, T. R. (1973). City Size And The Urban Heat İsland. *Atmospheric Environment (1967)*, 7(8), 769-779.

Oke, T. R. (1976). The Distinction Between Canopy And Boundary-Layer Urban Heat İslands. *Atmosphere*, 14(4), 268-277.

Oke, T. R. (1981). Canyon Geometry And The Nocturnal Urban Heat İsland: Comparison Of Scale Model And Field Observations. *Journal Of Climatology*, 1(3), 237-254.

Oke, T. R. (1982). The Energetic Basis Of The Urban Heat İsland. *Quarterly Journal Of The Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.

Oke, T. R., & Cleugh, H. A. (1987). Urban Heat Storage Derived As Energy Balance Residuals. *Boundary-Layer Meteorology*, 39(3), 233-245.

Oke, T. R. (1995). The Heat İsland Of The Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes And Effects. In *Wind Climate İn Cities* (Pp. 81-107). Springer, Dordrecht.

Ottle, C., Outalha, S., Francois, C. ve Le Maguer, S. (1997). Estimation of total atmospheric water vapor content from split-window radiance measurements. Remote sensing of environment, 61(3), 410-418.

Özdemir, Z. (2020). Yapılarda Yer Altı Suyuna Karşı Yapılan Koruma Sistemlerinin Uygulanbilirliği ve Güvenliğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. İstanbul

Özelkan, E., Bagis, S., Ozelkan, E. C., Ustundag, B. B. ve Ormeci, C. (2014). Land Surface Temperature Retrieval for Climate Analysis and Association with Climate Data. *European Journal Of Remote Sensing*, 47(1), 655-669.

Özelkan, E., Sağlık, A., Sümer, S. K., Bedir, M., & Kelkit, A. (2018). Kentleşmenin Tarım Alanları Üzerine Etkisinin Uzaktan Algılama ile İncelenmesi Çanakkale Örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 123-135.

Özmen, M. T. (2009). Sera Gazı-Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü. İMO Dergisi, 453(1), 42-46.

Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği Ve Türkiyeye Olası Etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *22*(1).

Özgen, K. (2009). Dikili-Kaynarca Ve Bergama-Ovacık Hidrotermal Alterasyon Zonlarının Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensitüsü, İzmir.

Polat, N. (2020). Mardin İlinde Uzun Yıllar Yer Yüzey Sıcaklığı Değişiminin İncelenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(1), 10-15.

Qin, Z., Karnieli, A. ve Berliner, P. (2001). A Mono-Window Algorithm for Retrieving Land Surface Temperature from Landsat TM Data and Its Application to the Israel-Egypt Border Region. *International journal of remote sensing*, 22(18), 3719-3746.

Renou, E. (1868). Differences De Temperature Entre La Ville Et La Campagne. *Annuaire Société Météorologie De France, 3*, 83-97.

Robine, J. M., Cheung, S. L. K., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J. P. ve Herrmann, F. R. (2008). Death Toll Exceeded 70,000 İn Europe During The Summer Of 2003. *Comptes Rendus Biologies*, *331*(2), 171-178.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A. ve Deering, D. W. (1974). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *NASA special publication*, 351(1974), 309.

Shao, Y. ve Lunetta, R. S. (2012). Comparison Of Support Vector Machine, Neural Network, And CART Algorithms For The Land-Cover Classification Using Limited Training Data Points. *ISPRS Journal Of Photogrammetry And Remote Sensing*, 70, 78-87.

Simwanda, M., Ranagalage, M., Estoque, R. C. ve Murayama, Y. (2019). Spatial Analysis Of Surface Urban Heat İslands İn Four Rapidly Growing African Cities. *Remote Sensing*, 11(14), 1645.

Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C. ve Paolini, L. (2004). Land Surface Temperature Retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4), 434-440.

Stathopoulou, M. ve Cartalis, C. (2007). Daytime Urban Heat Islands from Landsat ETM+ and Corine Land Cover Data: An application to major cities in Greece. Solar Energy, 81(3), 358-368.

Stewart, I. D. (2011). A Systematic Review And Scientific Critique Of Methodology in Modern Urban Heat İsland Literature. International Journal Of Climatology, 31(2), 200-217.

Stewart, I. D. (2019). Why Should Urban Heat Island Researchers Study History?. Urban Climate, 30, 100484.

Streutker, D. R. (2002). A Remote Sensing Study Of The Urban Heat Island Of Houston, Texas. International Journal Of Remote Sensing, 23(13), 2595-2608.

Sundborg, Å. (1951). Climatological Studies in Uppsala: With Special Regard To The Temperature Conditions İn The Urban Area. *Geographica*, 22.

Susca, T., Gaffin, S. R., & Dell'Osso, G. R. (2011). Positive Effects of Vegetation: Urban Heat Island and Green Roofs. *Environmental Pollution*, 159(8-9), 2119-2126.

Şahap, A. (2015). Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Şehirsel Gelişimin Arazi Kullanımına Etkisi: Şanlıurfa Şehri Örneği. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Şanlıurfa.

Şekertekin, A. (2019). Işınım Transferi Denklemi Baz Alınarak Yer Yüzey Sıcaklığının Landsat-8 Uydu Verileri ile Haritalanması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 19(3), 769-777.

Şimşek, Ç. K. ve Şengezer, B. (2012). İstanbul Metropoliten Alanında Kentsel İsınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. *Megaron,* 7(2), 116-128.

Taha, H. (1997). Urban Climates And Heat İslands: Albedo, Evapotranspiration, And Anthropogenic Heat. *Energy And Buildings,* 25(2), 99-103.

Takebayashi, H. ve Moriyama, M. (2007). Surface Heat Budget On Green Roof And High Reflection Roof For Mitigation Of Urban Heat İsland. *Building And Environment,* 42(8), 2971-2979.

Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Li, L., Song, G. ve Chen, H. (2010). The Urban Heat İsland And İts İmpact On Heat Waves And Human Health İn Shanghai. *International Journal Of Biometeorology*, 54(1), 75-84.

Temiz, M., ve Sağlık, A. (2021). Sürdürülebilir Kentler: Yeşil İş Parkları. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 1-13.

Tolunay D., 2011. İklim Değişikliği Ve Peyzaj Mimarlığı. Peyzaj Life, Ss. 44-50.

Tozam, İ., & Karaca, Ü. B. (2018). Kentsel Isı Adası Etkisi ve Serin Çatılar. *TC İstanbul Kültür Üniversitesi,* İstanbul, 9, 12-13.

Bölgesel veriler, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK).

Türkmen, S. N ve Tekkanat, S. S. (2018). Tarih Boyunca Kent Formlarının Biçimlenişi Üzerine Bir İnceleme. *Aksaray Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 10(4), 107-124.

Türkoğlu, N., Çalışkan, O., Çiçek, İ. ve Yılmaz, E. (2012). Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullara Etkisinin Ankara Ölçeğinde İncelenmesi. *International Journal Of Human Sciences,* 9(1), 933-955.

Umaroğulları, F. ve Kartal, S. (2005). Binalarda Kullanılan Yüksek Teknoloji Ürünü Saydam Elemanların Isıl Ve Optik Özellikleri. *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,* 6(2), 1-8.

Ugur, İ. (2015). Peyzaj Ve Küresel İklim Değişikliği Etkileşiminin Görsel Anlatım Biçimleri Üzerinden Değerlendirilmesi. Doktara Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Urbanlad, (2020). Kentsel Isı Adası Etkisini Azaltmak için Dört Yaklaşım. Erişim: 28.08.2021. https://urbanland.uli.org/sustainability/four-approaches-to-reducing-the-urban-heat-island-effect.

Uysal, K. ve Görmüş, M. (2010). Uzaktan Algılama. E-Dergi SDUGEO. Ekim-Kasım-Aralık 2010 Yıl 1, Sayı 4.

Vera, L., Parra, J. C., Morales, L., Mattar, C. ve Jorquera-Fontena, E. (2010). Comparative Analysis of Split-Window Algorithms for Estimating Soil Temperature. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal,* 10(1), 35-39.

Voogt, J. A. Ve Oke, T. R. (2003). Thermal Remote Sensing Of Urban Climates. *Remote Sensing Of Environment,* 86(3), 370-384.

Wan, Z. ve Dozier, J. (1996). A Generalized Split-Window Algorithm for Retrieving Land-Surface Temperature from Space. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* 34(4), 892-905.

Wang, M., He, G., Zhang, Z., Wang, G. ve Long, T. (2015). NDVI-Based Split-Window Algorithm For Precipitable Water Vapour Retrieval from Landsat-8 TIRS Data Over Land Area. *Remote Sensing Letters,* 6(11), 904-913.

Weng, Q. (2009). Thermal İnfrared Remote Sensing For Urban Climate And Environmental Studies: Methods, Applications, And Trends. *ISPRS Journal Of Photogrammetry And Remote Sensing,* 64(4), 335-344.

Wondrade, N., Dick, Ø. B., & Tveite, H. (2014). GIS Based Mapping Of Land Cover Changes Utilizing Multi-Temporal Remotely Sensed İmage Data İn Lake Hawassa Watershed, *Ethiopia. Environmental Monitoring And Assessment,* 186(3), 1765-1780.

Wong, N. H., & Yu, C. (2005). Study of Green Areas and Urban Heat İsland in a Tropical City. *Habitat İnternational,* 29(3), 547-558.

Yang, X., Li, Y., Luo, Z. ve Chan, P. W. (2017). The Urban Cool İsland Phenomenon İn A High- Rise High- Density City And İts Mechanisms. *International Journal Of Climatology*, 37(2), 890-904.

Yalcin, T. ve Yetemen, O. (2009). Local Warming Of Groundwaters Caused By The Urban Heat İsland Effect İn Istanbul, Turkey. *Hydrogeology journal*, 17(5), 1247-1255.

Yalçın, G. E. ve Fatma, Ö. C. A. L. (2016). Kırsal Göç Ve Tarımsal Üretime Etkileri. *Harran Tarım Ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(2), 154-158.

Yavuz, M., & Sağlam, B. (2011). Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Orman Yangınlarında Kullanılması. *Ulusal Akdeniz Orman Ve Çevre Sempozyumu*, 26-28.

Yıldız, B. Y. , Şahin, M., Şenkal, O., Kandırmaz, H. M. , & Peştimalci, V., (2006). Çukurova Bölgesinde Don Riski Taşıyan Bölgelerin Noaa Uydu Verileri İle Belirlenmesi . *1.Uzaktanalgılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, İstanbul, Turkey

Yıldız, N. D., Avdan, U. Ve Avdan, Z. (2019). Kentsel Mekân Farklılıklarının Isı Adası Oluşumuna Etkisinin Belirlenmesi: Erzurum Kenti Örneği. *3rd İnternational Symposium on İnnovative Approaches in Scientific Studies (ISAS 2019),* April 19-21, 2019, Ankara, Turkey.

Yılmaz, E. Y. (2013). Ankara Şehrinde Isı Adası Oluşumu. Doktara Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara

Yılmaz, E. (2015). Landsat Görüntüleri İle Adana Yüzey Isı Adası (Adana Surface Heat Island Using Landsat Images). *Coğrafi Bilimler Dergisi/Turkish Journal Of Geographical Sciences*, 13(2), 115-138.

Yüksel, Ü. D., & Yılmaz, O. (2008). Ankara Kentinde Kentsel İsi Adasi Etkisinin Yaz Aylarinda Uzaktan Algilama Ve Meteorolojik Gözlemlere Dayali Olarak Saptanmasi ve Değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4).

Yüksel, Ü. D. (2008). Kentlerde Yapısal Ve Yeşil Alanlardaki Hava Ve Yüzey Sıcaklıklarının İrdelenmesi: Ankara Örneği. *Ekoloji Dergisi*, 17(69).

Zou, F., Li, H., & Hu, Q. (2020). Responses of Vegetation Greening and Land Surface Temperature Variations to Global Warming on The Qinghai-Tibetan Plateau, 2001–2016. *Ecological Indicators*, 119, 106867.